

การปิดสวิตช์โดยใช้ชนิดเรซินคอมโพสิตและความหนาที่แตกต่างกัน



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2566

Color masking by different types of resin composite at different thicknesses



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Prosthodontics
Department of Prosthodontics
Faculty Of Dentistry
Chulalongkorn University
Academic Year 2023

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปิดสวิตช์ใช้ชนิดเรซินคอมโพสิตและความหนาที่แตกต่างกัน
โดย	น.ส.กชรัตน์ นันทเสน
สาขาวิชา	ทันตกรรมประดิษฐ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.มรกต เปี่ยมใจ

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.พรชัย จันศิษย์ยานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.แมนสรวง อักษรนุกิจ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.มรกต เปี่ยมใจ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.ปรารมภ์ ซาลิมี่)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ประเวศ เสรีเชษฐพงษ์)

กษัตริ์น นันทเสน : การปิดสีโดยใช้ชนิดเรซินคอมโพสิตและความหนาที่แตกต่างกัน. (Color masking by different types of resin composite at different thicknesses) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ศ. ทพญ. ดร.มรกต เปี่ยมใจ

ความสวยงามในเรื่องสีของฟันเป็นสิ่งหนึ่งของผู้ป่วยให้ความสำคัญเมื่อมารับการรักษาทางทันตกรรม โดยการเปลี่ยนสีฟันด้วยสิ่งบูรณะฟันโดยตรง ซึ่งเป็นการบูรณะฟันโดยตรงในช่องปากโดยใช้เรซินคอมโพสิต เป็นทางเลือกในการรักษาที่มีความนิยมมากขึ้น เนื่องจากมีการทำอันตรายต่อฟันน้อยที่สุด แต่ความสามารถในการปิดสีของเรซินคอมโพสิตอาจมีความแตกต่างกันไปตามแต่ละชนิด ถ้าสามารถเลือกชนิดของเรซินคอมโพสิตที่ปิดสีได้ดีในความหนาที่น้อย ก็จะช่วยลดการสูญเสียโครงสร้างฟันได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสีภายหลังการบูรณะด้วยชนิดของเรซินคอมโพสิตที่แตกต่างกัน โดยการนำเรซินคอมโพสิต 3 ชนิด ได้แก่ เคลียร์ฟิลเอพีเอ็กซ์, เมต้าฟิลซีเอ็กซ์ และฟิลเท็คซีทูไฟว์ซีโร ที่มีความหนา 4 ระดับ ได้แก่ 0.5, 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร มาเปรียบเทียบความสามารถในการปิดสี โดยวัดด้วยตามนุษย์และเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และประเมินความแตกต่างโดยใช้การทดสอบแบบครัสคัล-วอลลิสและการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ผลการศึกษาพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ระหว่างกลุ่มเรซินคอมโพสิตและความหนาที่ต่างกัน กล่าวโดยสรุป เรซินคอมโพสิตชนิดเมต้าฟิลซีเอ็กซ์มีความสามารถในการปิดสีเข้มสุด A6 ได้ดีกว่าเรซินคอมโพสิตชนิดเคลียร์ฟิลเอพีเอ็กซ์และฟิลเท็คซีทูไฟว์ซีโรในทุกระดับความหนา โดยเรซินคอมโพสิตชนิดเมต้าฟิลซีเอ็กซ์ที่ความหนาประมาณ 1.5 – 2 มิลลิเมตร สามารถบูรณะฟันสี A6 ให้ได้สีฟันที่ระดับ A1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา ทันตกรรมประดิษฐ์

ปีการศึกษา 2566

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

6470001632 : MAJOR PROSTHODONTICS

KEYWORD: Color masking, Resin composite, Thickness

Kotcharat Nantasen : Color masking by different types of resin composite at different thicknesses. Advisor: Prof. MORAKOT PIEMJAI, D.D.S., M.D.Sc., Ph.D.

Tooth color is critical when receiving dental treatments. Direct restoring, which involves using resin composite to change tooth color, has become a popular treatment option in dentistry due to its minimally invasive nature. However, the ability to cover tooth color using different types of composite resin may vary. If the selected resin composite can achieve good color matching with minimal thickness, it can help minimize tooth structure loss. This research compared the color outcomes after direct restoring using different resin composites. Three types of resin composites were used in the study: Clearfil APX, Metafil CX, and Filtek Z250 at four thickness levels: 0.5, 1, 1.5, and 2 mm. The color-matching ability was assessed using both human visual evaluation and a spectrophotometer. The color differences were analyzed through Kruskal–Wallis test and one-way ANOVA tests. The statistical results revealed significant differences at a 95% confidence level among the groups of composite resins and different thickness levels. In summary, Metafil CX demonstrated better color masking ability for masking the darkest A6 tooth color than Clearfil APX and Filtek Z250 at all thickness levels. Metafil CX requires approximately 1.5 to 2 mm thickness to achieve an A1 tooth color.

Field of Study: Prosthodontics

Student's Signature

Academic Year: 2023

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ศ.ทพญ.ดร. มรกต เปี่ยมใจ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่กรุณาให้คำแนะนำ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ ผู้วิจัยตระหนักถึงความทุ่มเทของอาจารย์ และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านและคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้สถานที่และอุปกรณ์ที่เอื้อต่อการทำงานวิจัย ตลอดจนเพื่อนนิสิตทันตแพทย์หลังปริญญาปี 2 สาขาทันตกรรมประดิษฐ์ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทำแบบทดสอบการปิดสีของเรซินคอมโพสิต จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี



กชรัตน์ นันทเสน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูปภาพ.....	ฌ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 คำถามงานวิจัย.....	2
1.3 วัตถุประสงค์.....	2
1.4 สมมติฐานงานวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 กรอบความคิดวิจัย.....	2
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม.....	3
2.1 พื้นที่มีสีเข้ม.....	3
2.2 การเปลี่ยนสีพื้น.....	4
2.3 การจับคู่สี (Color matching).....	5
2.4 เรซินคอมโพสิต.....	7
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย.....	10
3.1 ข้อพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัย (Ethical consideration).....	10
3.2 วัสดุและอุปกรณ์ (Materials).....	10

3.3 ผังงานมาตรการการวิจัย (Flow chart study protocol).....	11
3.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย (Method for data collection).....	14
3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistics analysis).....	21
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	23
บทที่ 5 อภิปรายผล.....	27
บทที่ 6 สรุปผล.....	32
บรรณานุกรม.....	33
ภาคผนวก.....	39
ประวัติผู้เขียน.....	58



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ส่วนประกอบหลักของวัสดุบุรณะเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิด	12
ตารางที่ 2 ส่วนประกอบหลักของสารยึดแต่ละชนิด.....	13
ตารางที่ 3 ค่า Sum masking และค่า ΔE ของแต่ละกลุ่ม	24



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แผ่นแบบเรซินที่มีช่องขนาด 8x8 มิลลิเมตร จำนวน 6 ช่อง และมีความหนา 1 มิลลิเมตร	14
ภาพที่ 2 แผ่นแบบเรซินที่มีเรซินคอมโพสิตสีเข้มระดับ A6 ภายในช่อง.....	16
ภาพที่ 3 แผนภาพจำลองขั้นตอนการสร้างขึ้นทล่องของเรซินคอมโพสิต	17
ภาพที่ 4 ขึ้นทล่องของเรซินคอมโพสิต	18
ภาพที่ 5 ขึ้นทล่อง (ซี่ 21) และชั้นควบคุม (ซี่ 11) ของเรซินคอมโพสิตในแบบจำลองช่องปาก เพื่อ วัดการปิดสีด้วยตามนุษย์.....	20
ภาพที่ 6 แผนภูมิเส้นการเปรียบเทียบค่า Sum masking ของวัสดุเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิดที่ความ หนาแตกต่างกัน กลุ่มที่อยู่ในกล่องที่มีสีต่างกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กลุ่มที่อยู่ใน กล่องที่ซ้อนทับกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ	25
ภาพที่ 7 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบค่า ΔE ของวัสดุเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิดที่ความหนา แตกต่างกัน กลุ่มที่อยู่ในกล่องที่มีสีต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ	25
ภาพที่ 8 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบค่า median 15-Sum masking และค่าเฉลี่ย ΔE ของ เรซินคอมโพสิตชนิด MX ไม่พบความแตกต่างของค่า 15-Sum masking ที่ความหนา 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร แต่ พบความแตกต่างค่า ΔE ที่ความหนา 1 มิลลิเมตร กับ 1.5 และ 2 มิลลิเมตร	26

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ความสวยงามเป็นสิ่งที่ผู้ป่วยจำนวนมากให้ความสำคัญเมื่อมารับการรักษาทางทันตกรรม โดยเฉพาะความสวยงามในเรื่องสีของฟัน ปัจจุบันพบว่า ผู้ป่วยที่ต้องการหรือให้ความสนใจในเรื่องของการรักษาฟันที่มีสีเข้มหรือฟันที่เปลี่ยนสี มีจำนวนมากขึ้น (1) การที่ผู้ป่วยมีความตระหนักและความต้องการที่เพิ่มขึ้นสำหรับงานทันตกรรมเพื่อความสวยงาม แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการบูรณะสีของฟัน โดยการปิดสีฟันที่มีสีเข้มถือเป็นความท้าทายที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับฟันที่มีการเปลี่ยนสีอย่างรุนแรง (2)

แนวโน้มของการรักษาทางทันตกรรมในปัจจุบันนั้น จะมีแนวโน้มไปในทางที่เป็นการทำงานที่ไม่ทำอันตรายต่อฟัน (non-invasive treatment) หรือทำอันตรายต่อฟันให้น้อยที่สุด (minimal-intervention treatment) เพื่อช่วยรักษาโครงสร้างฟันไว้ให้ได้มากที่สุด (3) การเปลี่ยนสีฟันนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นการฟอกสีฟัน, สิ่งบูรณะฟันโดยอ้อม (Indirect Restoration) หรือสิ่งบูรณะฟันโดยตรง (Direct Restoration) (4) ซึ่งการฟอกสีฟันเป็นวิธีเปลี่ยนสีฟันที่ทำได้ง่าย แต่ก็มีโอกาสที่จะทำให้เกิดความเสี่ยงในเรื่องของการเสียวฟันและการระคายเคืองเหงือก (5) นอกจากนี้ยังทำให้เกิดรูพรุนที่พื้นผิวและในชั้นเคลือบฟันและเนื้อฟัน ส่งผลให้การติดสีเกิดไวขึ้น รวมถึงมีความเสี่ยงฟันผุเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย (6, 7, 8) ส่วนสิ่งบูรณะฟันโดยอ้อม ซึ่งเป็นการบูรณะฟันแบบที่ต้องมีการพิมพ์ปากเพื่อไปขึ้นชิ้นงานนอกปาก เช่น เซรามิกวีเนียร์ (ceramic veneer) จะต้องมีการกรอฟัน ทำให้มีการสูญเสียโครงสร้างบางส่วนของฟัน ซึ่งปริมาณที่กรอฟันนั้นจะขึ้นกับการวางแผนการรักษาในแต่ละกรณีไป (9, 10) รวมถึงการเทียบสีฟันจะมีการเพิ่มขึ้นตอนการสื่อสารกับช่างทันตกรรมเพิ่มเติมเพื่อให้ได้สีที่ถูกต้องเหมาะสม

สิ่งบูรณะฟันโดยตรง เป็นการบูรณะฟันโดยตรงในช่องปากโดยใช้เรซินคอมโพสิต ถือเป็นวิธีการรักษาแบบที่ไม่ทำอันตรายต่อฟันหรือทำอันตรายต่อฟันน้อยที่สุด (11) มีความเสี่ยงในการเสียวฟันหรือเกิดรูพรุนที่โครงสร้างฟันน้อยกว่าการฟอกสีฟัน และสูญเสียโครงสร้างฟันน้อยกว่าสิ่งบูรณะฟันโดยอ้อม (12) นอกจากนี้ ยังเป็นการรักษาที่คนไข้เข้าถึงได้ง่าย และซ่อมแซมได้ง่าย (13) จึงเป็นทางเลือกในการรักษาที่มีความนิยมมากขึ้น

การเปลี่ยนสีฟันโดยใช้สิ่งบูรณะฟันโดยตรง สามารถทำการจำลอง (mock up) หรือเทียบสีฟันในช่องปากคนไข้ได้โดยตรง แต่ความสามารถในการปิดสีของเรซินคอมโพสิตที่ใช้ก็อาจจะแตกต่าง

กันไปตามชนิดของเรซินคอมโพสิต ซึ่งสำหรับการรักษาคนไข้ นั้น ถ้าสามารถเลือกชนิดของเรซินคอมโพสิตที่ปิดสีได้ดีในความหนาที่น้อย ทำให้สามารถลดการกรอฟันเพิ่มหรือสูญเสียโครงสร้างฟันในกระบวนการเพิ่มความหนาที่ส่งผลต่อการปิดสีได้ ซึ่งเป็นผลดีกับคนไข้มากกว่า จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้จะศึกษาความสามารถในการปิดสีของเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิด

1.2 คำถามงานวิจัย

ชนิดของเรซินคอมโพสิตมีผลต่อการปิดสีฟันแตกต่างกันหรือไม่

1.3 วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบสีภายหลังการบูรณะด้วยชนิดของเรซินคอมโพสิตที่แตกต่างกัน

1.4 สมมติฐานงานวิจัย

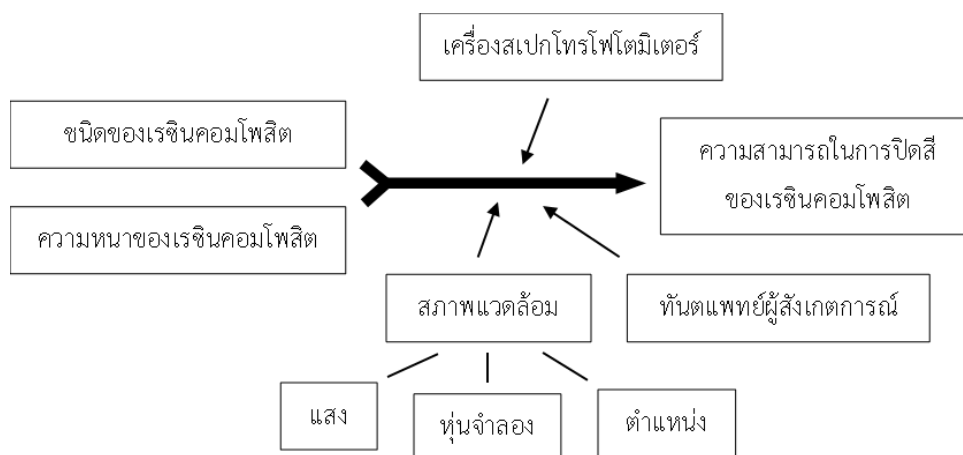
H0: ไม่มีความแตกต่างกันของสีภายหลังการบูรณะ กับสีของขึ้นควบคุมด้วยชนิดของเรซินคอมโพสิตที่แตกต่างกัน

H1: มีความแตกต่างกันของสีภายหลังการบูรณะ กับสีของขึ้นควบคุมด้วยชนิดของเรซินคอมโพสิตที่แตกต่างกัน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำไปใช้ในการวิจัยพัฒนาวัสดุเรซินคอมโพสิตที่มีประสิทธิภาพในการปิดสีที่ดี และสามารถนำมาใช้ในการปิดสีฟันธรรมชาติได้ต่อไป

1.6 กรอบความคิดวิจัย



บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

2.1 ฟันที่มีสีเข้ม

การที่ฟันธรรมชาติของคนเรามีสีเข้มขึ้นนั้น เกิดได้จากหลายปัจจัย ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยภายนอก (extrinsic stain) เช่น การสูบบุหรี่, การทานอาหาร หรือการติดสี เป็นต้น หรือปัจจัยภายใน (intrinsic stain) เช่น อายุที่เพิ่มขึ้น (aging), การเปลี่ยนสีฟันจากยาเตตราไซคลิน (tetracycline staining) หรือความผิดปกติแต่กำเนิด เป็นต้น (1, 14)

อายุที่เพิ่มขึ้น

คนที่มีอายุมากจะมีสีฟันที่เข้มกว่าและเหลืองกว่า โดยจะเห็นได้ชัดในคนที่มีอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป ซึ่งจะพบลักษณะความเข้มสีฟันเป็นสีเหลืองสูงสุด (15, 16) และมีรายงานว่าอายุที่มากขึ้น สีแดงยังเพิ่มขึ้นแม้ว่าจะน้อยกว่าการเพิ่มของสีเหลืองมากก็ตาม (17)

สาเหตุที่ทำให้ฟันมีสีเข้มขึ้น เมื่อคนเราอายุมากขึ้นนั้น อาจเกิดจากการที่มีโพรงในตัวฟัน (pulp chamber) ลดลง, มีเนื้อฟันชั้นทุติยภูมิ (secondary dentin) หนาขึ้น, มีชั้นเคลือบฟัน (enamel) บางลงจากการสึกของฟัน ทำให้เห็นสีของเนื้อฟัน (dentin) ซึ่งมีสีเหลืองได้มากขึ้น หรืออาจเกิดจากการติดสีของเม็ดสีอินทรีย์ (organic pigment) หรือเม็ดสีอนินทรีย์ (inorganic pigment) ในเนื้อฟันหรือรอยต่อระหว่างเนื้อฟันกับ เคลือบฟัน (dentin enamel junction) (18, 19, 20, 21) นอกจากนี้ ในทางกลับกัน ปริมาณของเนื้อฟันชั้นทุติยภูมิในฟัน สามารถนำมาใช้เป็นตัววัดในการประมาณอายุได้ (22)

การเปลี่ยนสีฟันจากยาเตตราไซคลิน

ยาเตตราไซคลิน เป็นยาปฏิชีวนะ ที่มีผลข้างเคียงต่อกระบวนการเกิดฟัน (odontogenesis) โดยสามารถทำให้เกิดการติดสีภายในได้ (23, 24, 25)

ถ้ามีการใช้ยาเตตราไซคลิน ในช่วงที่ฟันกำลังพัฒนา จะส่งผลทำให้ฟันเกิดภาวะเคลือบฟันเจริญบกพร่อง (enamel hypoplasia) และการเปลี่ยนสีได้ ซึ่งการเปลี่ยนสีจะเกิดแบบถาวร โดยลักษณะของการเปลี่ยนสีจะมีได้หลายแบบ ตั้งแต่สีเหลืองหรือเทาไปจนถึงสีน้ำตาล (26)

สาเหตุที่สีฟันเปลี่ยนจากสีเหลืองค่อยๆเข้มขึ้น โดยเฉพาะฟันหน้าทางด้านริมฝีปาก เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ของยาเตตราไซคลิน โดยมีแสงเป็นตัวกระตุ้น ทำให้ฟันทางด้านลิ้นหรือกระพุ้งแก้มของฟันหลัง มักจะไม่มี การเปลี่ยนสีเข้มขึ้น เนื่องจากไม่โดนแสงกระตุ้น (27)

2.2 การเปลี่ยนสีฟัน

การเปลี่ยนสีฟันนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นการฟอกสีฟัน, สิ่งบูรณะฟันโดยอ้อมหรือสิ่งบูรณะฟันโดยตรง (4)

การฟอกสีฟัน

การฟอกสีฟันเป็นวิธีเปลี่ยนสีฟันที่ทำได้ง่าย แต่ก็มีโอกาสที่จะทำให้เกิดความเสี่ยงหลายอย่าง โดยนอกจากจะมีความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดการเสียวฟันและการระคายเคืองเหงือก (5) การฟอกสีฟันยังส่งผลต่อฟันผิวของชั้นเคลือบฟันและชั้นเนื้อฟันอีกด้วย โดยมีโอกาสที่จะทำให้โครงสร้างฟันเกิดความขรุขระและนุ่ม, มีการสึกกร่อนของฟัน, การย่อยสลายของแร่ธาตุในฟัน (7) หรืออาจทำให้เกิดรูพรุนที่ฟันผิวของชั้นเคลือบฟันและเนื้อฟัน (6, 8, 28, 29) นอกจากนี้ความคงทนของการฟอกสีฟันก็ไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการกินหรือดื่มของแต่ละคน โดยจากงานวิจัยพบว่า หลังจากฟอกสีฟันมา 1 ปี ส่วนใหญ่ฟันมักจะเปลี่ยนสี (30)

สิ่งบูรณะฟันโดยอ้อม

สิ่งบูรณะฟันโดยอ้อม เป็นการบูรณะฟันแบบที่ต้องมีการพิมพ์ปากเพื่อไปขึ้นชิ้นงานนอกปาก เช่น วีเนียร์ โดยเป็นหนึ่งในทางเลือกในการรักษา สำหรับฟันที่ไม่ตอบสนองต่อการฟอกสีฟัน หรือมีการเปลี่ยนสีของฟันชั้นปานกลางถึงขั้นรุนแรง เช่น การเปลี่ยนสีฟันจากยาเตตราไซคลิน, การดูดซึมฟลูออไรด์มากเกินไป, อายุที่เพิ่มขึ้น หรือเป็นความผิดปกติแต่กำเนิด เป็นต้น โดยการทำให้วีเนียร์ซึ่งใช้วัสดุเซรามิกนั้น จะต้องมีการกรอฟันอย่างน้อย 0.3 มิลลิเมตร (9) หรืออาจจะต้องกรอฟันมากกว่านั้น ขึ้นกับการวางแผนการรักษาในแต่ละกรณีไป (10)

สิ่งบูรณะฟันโดยตรง

สิ่งบูรณะฟันโดยตรง เป็นการบูรณะฟันโดยตรงในช่องปากโดยใช้เรซินคอมโพสิตซึ่งสามารถทำการจำลอง หรือการเทียบสีฟันในช่องปากของคนไข้ได้โดยตรง ถือเป็นวิธีการรักษาแบบที่ไม่ทำอันตรายต่อฟัน (11) ไม่มี ความเสี่ยงแบบการฟอกสีฟัน และสูญเสียเนื้อฟันน้อยกว่าสิ่งบูรณะฟันโดย

อ้อม (12) นอกจากนี้ ยังเป็นการรักษาที่คนไข้เข้าถึงได้ง่าย และซ่อมแซมได้ง่าย (13) จึงเป็นทางเลือกในการรักษาที่มีความนิยมมากขึ้น

2.3 การจับคู่สี (Color matching)

ระบบสีของมันเซลล์ (Munsell's color system) เป็นระบบสีแรกที่น่ามาใช้ในชุดเทียบสีทางทันตกรรม และเป็นระบบสีที่นิยมใช้ในการเลือกสีฟันด้วยตา โดยผู้คิดค้นคือ อัลเบิร์ต เฮนรี มันเซลล์ (Albert Henry Munsell) ใน ปี ค.ศ.1915 (31) ระบบสีของมันเซลล์แบ่งออกได้เป็นสามมิติ ได้แก่ สี (hue) ความเข้ม (chroma) และความสว่าง (value)

การเลือกสีฟัน

การเลือกสีฟันสามารถทำได้หลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นการเลือกสีฟันด้วยตา, การใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer), การใช้เครื่องคัลเลอริมิเตอร์ (colorimeter) หรือการเลือกสีฟันจากภาพถ่ายดิจิทัลด้วยชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์

การเลือกสีฟันด้วยตา ตาของมนุษย์นั้น จะมีจอประสาทตาทำหน้าที่เปลี่ยนแสงเป็นสัญญาณภาพแล้วส่งไปยังสมอง กระบวนการนี้จะดำเนินการด้วยเซลล์รับแสง (photoreceptors) 2 ประเภท คือ เซลล์รูปแท่ง (rod cell) และเซลล์รูปกรวย (cone cell) โดยเซลล์รูปแท่งจะมีความละเอียดต่ำ แต่ไวต่อแสงมาก ในทางกลับกัน เซลล์รูปกรวยจะมีความละเอียดสูง แต่ไม่ไวต่อแสง (32) สมองจะคำนวณสีที่มองเห็นโดยการวิเคราะห์จากการกระตุ้นของเซลล์รูปกรวย ซึ่งถูกควบคุมโดยความไวเชิงสเปกตรัม (spectral sensitivity) และความสัมพันธ์กับแอมพลิจูด (amplitude) ของการตอบสนองของระบบประสาทต่อความยาวคลื่นที่ความเข้มแสงคงที่ (33)

เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการวัดสี โดยนิยมใช้ทั้งในทางอุตสาหกรรมและทางทันตกรรม (34) ประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่ แหล่งกำเนิดแสงคงที่ ทำหน้าที่ปล่อยแสงไปยังวัตถุ, ตัวรับแสง ทำหน้าที่รับแสงสะท้อนกลับจากวัตถุ และสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ทำหน้าที่วัดความเข้มของสีที่ได้รับเฉพาะแต่ละความยาวคลื่นในช่วงความยาวคลื่น 400 - 700 นาโนเมตร โดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์สามารถแสดงผลการวัดสีได้หลายรูปแบบ เช่น วิตาแพน คลาสสิก (Vitapan classical), วิตาแพนทรีดีมาสเตอร์ (Vitapan 3D master) และระบบสีซีไอ อี แอลเอบี (CIE Lab color system)

เครื่องคัลเลอริมิเตอร์ เป็นเครื่องมืออีกประเภทหนึ่งที่น่ามาใช้ในการวัดสีของฟัน จะประกอบไปด้วย อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่วัดค่าแสงซึ่งอยู่ในช่วงของแสงที่ตามองเห็น (สีแดง, เขียว และน้ำเงิน) และตัวกรองแสงที่ทำหน้าที่ลดแสงที่กระจัดกระจายให้ได้ลักษณะแสงที่มีระเบียบก่อนเข้าสู่ตัววัดแสง (35,

36) จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพของเครื่องคัดเลอติมิเตอร์จะดีกว่าเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ เนื่องจากข้อมูลบางส่วนจะสูญเสียไปกับตัวกรองแสง ทำให้ได้ข้อมูลที่ไม่ครบถ้วน (37) แต่ในเรื่องของการใช้งาน เครื่องคัดเลอติมิเตอร์จะมีความสามารถในการวัดสีที่เร็วกว่าเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ จึงนิยมใช้ในขั้นตอนการควบคุมคุณภาพวัสดุในห้องปฏิบัติการ (38)

ในทางคลินิก การเลือกสีฟันเพื่อการบูรณะฟัน ส่วนใหญ่มักเลือกสีโดยใช้สายตาจากทันตแพทย์และผู้ป่วยร่วมกับชุดเทียบสีฟัน การอธิบายลักษณะของสีจะขึ้นอยู่กับระบบสีที่เลือกใช้ ตาของมนุษย์สามารถรับรู้ความแตกต่างของสีได้ 2 ประเภทคือ เชิงปริมาณ (ความแตกต่างของความสว่างหรือความเข้ม) และเชิงคุณภาพ (ความแตกต่างของสี) (39) คนทั่วไปสามารถรับรู้ถึงความแตกต่างของสีได้ง่ายกว่าความแตกต่างของความสว่างหรือความเข้ม (40, 41) จากการศึกษาพบว่า การจับคู่สีโดยนักศึกษาทันตแพทย์ จะได้รับอิทธิพลมาจากความแตกต่างของสีและความเข้ม (42)

ระบบสีซีไออี แอลเอบี (CIE Lab color system) เป็นระบบสีที่นิยมใช้ในงานทันตกรรมและงานวิจัย เป็นการวัดสีโดยใช้ลักษณะของช่องว่างของสี มี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ L^* , a^* และ b^* โดย L^* หมายถึงความสว่าง และความมืดของสี มีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 100 โดยแกน a^* ถ้าเป็นบวก สีจะไป ในทิศทางของสีแดง แต่ถ้าเป็นลบ สีจะไป ในทิศทางของสีเขียว ส่วนแกน b^* ถ้าเป็นบวก สีจะไป ในทิศทางของสีเหลือง แต่ถ้าเป็นลบ สีจะไป ในทิศทางของน้ำเงิน ในการหาค่าผลรวมความต่างของสี (color differences หรือ ΔE) จะสามารถทำได้โดยการคำนวณจากผลรวมของรากที่สองของความแตกต่างระหว่าง L^* a^* b^* โดยมีการศึกษารายงานค่าผลรวมความต่าง ของสีที่ยอมรับได้ในทางคลินิกอยู่ในช่วง 1 ถึง 3.7 (43, 44)

การเลือกสีฟันควรอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ควรหลีกเลี่ยงสภาพแวดล้อมที่มีสีสว่าง เนื่องจากรบกวนการจับคู่สีที่เหมาะสมโดยส่งผลต่อสีในแสงสะท้อน (45, 46, 47, 48) แสงที่กำเนิดแสงที่ดีที่สุดที่ใช้ในการเลือกสีฟันคือ แสงธรรมชาติที่มีอุณหภูมิแสงเท่ากับ 4,500 ถึง 6,800 เคลวิน และมีค่าความสว่างแสงที่ 140 ถึง 1,000 ลักซ์ (49) การหรี่ตาจะช่วยจำกัดแสงที่เข้ามาสู่ตา (49) ระยะเวลาที่ใช้ในการดูสีไม่ควรเกิน 20 วินาที ระยะห่างจากช่องปากควรอยู่ที่ประมาณ 61 เซนติเมตร (2 ฟุต) ถึง 183 เซนติเมตร (6 ฟุต) (45, 46, 47, 48) ผู้ป่วยควรนั่งอยู่บนยูนิตทำฟัน หันหน้าตรงเข้าหาทันตแพทย์ เพื่อให้ระดับฟันอยู่เท่ากับระดับสายตาของทันตแพทย์ (45, 46, 47, 48)

การเปรียบเทียบวิธีการเลือกสีฟัน

ในปัจจุบัน มีการนำเทคโนโลยีหรือคอมพิวเตอร์ มาช่วยในเรื่องของการเปรียบเทียบสี เช่น เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) หรือเครื่องคัดเลอติมิเตอร์ (colorimeter) จากผลการวิจัย เมื่อทำการเทียบการรับรู้ระดับสีของฟันระหว่างคน 3 คน พบว่ามีความเห็นที่ตรงกัน 52.9% แต่เมื่อเทียบระหว่างเครื่อง 3 ชนิด พบว่ามีความเห็นที่ตรงกันเพียง 9.9% และเมื่อเทียบ

ระหว่างแต่ละเครื่องกับคน พบว่ามีความเห็นที่ตรงกัน 29.1%, 37.1% และ 27.8% นอกจากนี้ เมื่อเทียบกับความคิดเห็นส่วนใหญ่ ซึ่งได้จากการนำผลการเทียบสีทั้งหมดมาหาค่าที่ตรงกันมากที่สุด พบว่าเครื่องทั้ง 3 ชนิด มีความเห็นตรงกับความเห็นส่วนใหญ่เพียง 55.9%, 43.9% และ 41.1% ในขณะที่คน 3 คน มีความเห็นตรงกับความเห็นส่วนใหญ่มากกว่าถึง 70.0%, 70.9% และ 67.7% แสดงให้เห็นว่า การใช้คอมพิวเตอร์ในการเทียบระดับสีของฟัน ยังไม่สามารถสะท้อนในมุมมองการรับรู้ของมนุษย์ได้ (50)

การหาความสอดคล้องระหว่างตาคนกับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ในการเทียบระดับสีของฟัน พบว่าเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ จะวัดค่าได้ใกล้เคียงกับตาคนในแง่ของความสว่างมากที่สุด รองลงมาคือสี และน้อยที่สุดคือความเข้มสี (51)

การเปรียบเทียบการรับรู้ระดับสีระหว่างการใส่สายตากับการใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ในนิสิต ทันตแพทย์ที่ได้รับความรู้และการฝึกฝนในการเลือกสีฟันกับนิสิตทันตแพทย์ทั่วไป พบว่าในนิสิตทันตแพทย์ทั่วไปจะมีความแม่นยำ (accuracy) เมื่อใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มากกว่าการใส่สายตา แต่ในนิสิตทันตแพทย์ที่ได้รับความรู้และการฝึกฝนในการเลือกสีฟันจะมีความแม่นยำ เมื่อใช้สายตามากกว่าการใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ทั้งในด้านของการเทียบสีและความสว่าง นอกจากนี้ ยังพบว่า การเลือกสีฟันด้วยสายตายังคงเป็นวิธีการเลือกสีฟันที่ทันตแพทย์นิยมใช้กันมากที่สุด โดยระดับการรับรู้ของแต่ละคนจะแตกต่างกัน (52)

2.4 เรซินคอมโพสิต

เรซินคอมโพสิตเป็นวัสดุอุดฟันที่ถูกนำมาใช้ในงานทันตกรรมอนุรักษ์ (conservative dentistry) ตั้งแต่ทศวรรษที่ 1940 เนื่องจากมีความสวยงาม (53)

เรซินคอมโพสิตจะมีองค์ประกอบหลักอยู่ 3 อย่างด้วยกันคือ เมทริกซ์เรซินอินทรีย์ (organic resin matrix), อนุภาคเติมเต็มอนินทรีย์ (inorganic filler) และ สารคู่ควบ (coupling agent) (54)

เมทริกซ์เรซินจะเป็นองค์ประกอบในส่วนที่เป็นเคมี โดยการทำงานแรกเริ่มจะเป็นมอนอเมอร์ (monomer) ที่เป็นของเหลว แต่เมื่อได้รับการกระตุ้นจะกลายเป็นพอลิเมอร์ (polymer) ที่เป็นของแข็ง โดยมอนอเมอร์ที่นิยมใช้คือ บิสฟีนอล เอ ไทไกลซิديلเมทาไครเลต (bisphenol A diglycidyl methacrylate) หรือ บิส-จีเอ็มเอ (Bis-GMA) ซึ่งได้มาจากปฏิกิริยาของ บิสฟีนอล-เอ (bisphenol-A) และ ไทไกลซิديلเมทาไครเลต (glycidyl methacrylate) แต่เนื่องจากมีน้ำหนักโมเลกุล (molecular weights) สูง ทำให้มีลักษณะที่หนืดมาก จึงมีการนำมาผสมกับมอนอเมอร์อื่นที่มีความหนืดต่ำ เช่น เมททิลเมทาไครเลต (methyl methacrylate) หรือ เอ็มเอ็มเอ (MMA), เอทิลีนไกลคอลไดเมทิลอะคริเลต (ethylene glycol dimethacrylate) หรือ อีดีเอ็มเอ (EDMA), ไตรเอทิลีน

ไตรเอทิลไกลิโกลไดเมทิลอะคริเลต (triethylene glycol dimethacrylate) หรือ ทีอีจีดีเอ็มเอ (TEGDMA) เพื่อให้เหมาะแก่การใช้งานมากขึ้น (54)

อนุภาคเติมเต็ม เป็นองค์ประกอบที่เพิ่มเข้ามาเพื่อเพิ่มคุณสมบัติต่างๆ เช่น ลดการหดตัวจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization shrinkage) , ลดการขยายตัวตามความร้อน (thermal expansion) , เพิ่มความแข็ง (hardness) และความแข็งแรงต่อแรงอัด (compressive strength) , เพิ่มความทึบรังสี (radiopacity) , เพิ่มความสวยงาม ไม่ว่าจะป็นสี, ความโปร่งแสง (translucency) หรือ การเรืองแสง (fluorescence) เป็นต้น

สารคู่ควบ จะเป็นตัวที่ช่วยให้เมทริกซ์เรซินและอนุภาคเติมเต็มเชื่อมต่อกัน เช่น ซิลเลน (silanes) , แกมมา-เมทาโครลอกซีโพรพิลไตรเอทอกซีซิลเลน (γ -methacryloxypropyltriethoxy silane) หรือ แกมมา-เอ็มพีทีเอส (γ -MPTS) (54)

การแบ่งหมวดหมู่ตามขนาดอนุภาคของอนุภาคเติมเต็ม (55)

- มาโครฟิลด์คอมโพสิต (macrofilled composite) เป็นเรซินคอมโพสิตที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ ประมาณ 4-40 ไมโครเมตร (μm) ไม่เหมาะที่จะใช้เพื่อความสวยงาม เนื่องจากเมื่อขัดแล้วจะเผยอนุภาคของอนุภาคเติมเต็มขนาดใหญ่ ทำไม่สามารถขัดให้สวยงามได้ (55)
- ไมโครฟิลด์คอมโพสิต (microfilled composite) เป็นเรซินคอมโพสิตที่มีอนุภาคขนาดเล็ก ประมาณ 0.04 ไมโครเมตร สามารถขัดให้สวยงามได้ แต่ไม่เหมาะที่จะใช้เป็นวัสดุบูรณะประเภทรับแรงสูง (55)
- นาโนฟิลด์คอมโพสิต (nanofilled composite) เป็นเรซินคอมโพสิตที่มีอนุภาคขนาดเล็ก ประมาณ 5-75 นาโนเมตร (nm) มีค่าความแข็งแรงและการต้านการสึกที่สูง สามารถขัดให้สวยงามได้ เนื่องจากมีอนุภาคเติมเต็มขนาดเล็ก ทำให้เหมาะที่จะใช้เพื่อความสวยงามและเหมาะที่จะใช้เป็นวัสดุบูรณะประเภทรับแรงสูง (56)
- ไฮบริดคอมโพสิต (hybrid composite) เป็นเรซินคอมโพสิตที่มีอนุภาคทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ผสมกัน ทำให้ช่วยเพิ่มการต้านการสึก (wear resistance) และสามารถขัดให้สวยงามได้ โดยในปัจจุบัน เรซินคอมโพสิตชนิดนี้ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ให้มีขนาดอนุภาคที่เล็กลงเรื่อยๆ จนมีอนุภาคขนาดใหญ่ที่สุดประมาณ 1-2 ไมโครเมตร ซึ่งสามารถแบ่งชนิดย่อยได้เป็น ไมโครไฮบริด (microhybrid) และนาโนไฮบริด (nanohybrid) (55)

ความสามารถในการปิดสีของเรซินคอมโพสิต

ความสามารถในการปิดสีของเรซินคอมโพสิตจะได้เป็นผลจากองค์ประกอบ 2 อย่างคือ เม็ดสี และอนุภาคเติมเต็ม (57)

- เม็ดสี ช่วยให้เกิดสีและความสวยงาม โดยจะถูกผสมไปในเมทริกซ์เรซิน เพื่อให้แน่ใจได้ว่าสีจะกระจายไปได้ทั่วชั้นเรซินคอมโพสิต ชนิดและปริมาณของเม็ดสีจะขึ้นอยู่กับสีสุดท้ายที่ต้องการ เม็ดสีแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือเม็ดสีอนินทรีย์ และเม็ดสีอินทรีย์ โดยเม็ดสีอนินทรีย์จะมีแร่ธาตุเป็นองค์ประกอบ ซึ่งช่วยให้สีคงที่และมีความทึบ ยกตัวอย่างเช่น ไททาเนียมไดออกไซด์ (titanium dioxide: TiO_2), ไอเอิร์นออกไซด์ (iron oxide) และ เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (zirconium dioxide) ส่วนเม็ดสีอินทรีย์จะมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ สามารถปรับตัวได้ดี และมีช่วงสีได้หลากหลาย ส่วนมากจะใช้ผสมกับเม็ดสีอนินทรีย์ ยกตัวอย่างเช่น อะโซ (azo), พทาโลไซยาไนน์ (phthalocyanine) และ ควินาคริโตน (quinacridone) (58)
- อนุภาคเติมเต็ม แบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ อนุภาคเติมเต็มอินทรีย์ และอนุภาคเติมเต็มอนินทรีย์ โดยอนุภาคเติมเต็มอินทรีย์จะทำมาจากธรรมชาติหรือสังเคราะห์ขึ้นมา ช่วยเพิ่ม คุณสมบัติทางกล (physical properties) ในด้านความแข็งแรง และความทนทาน (toughness) และช่วยให้สีกลมกลืนไปกับสีฟันธรรมชาติได้ดี ส่วนอนุภาคเติมเต็มอนินทรีย์จะทำมาจากแร่ธาตุ เช่น ซิลิกา (silica), อะลูมินา (alumina) หรือ เซอร์โคเนีย (zirconia) โดยจะช่วยเพิ่ม คุณสมบัติทางกลในด้านการต้านการสึก, ความแข็งแรง และความโปร่งแสง แต่มีโอกาที่จะทำให้ได้สีที่ไม่ตรงกับฟันธรรมชาติได้มากกว่า (57)

คุณสมบัติทางแสง (Optical property)

จากการศึกษาของ Johnston ในปี 1997 พบว่า สีและความโปร่งแสงของเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิดนั้น ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ไม่ว่าจะเป็นสัดส่วนของเมทริกซ์เรซินและอนุภาคเติมเต็ม, ชนิดของอนุภาคเติมเต็ม หรือแม้แต่ เม็ดสี หรือส่วนประกอบทางเคมีอื่นๆ (2)

เรซินคอมโพสิตที่มีสีเข้มนั้น นอกจากจะเกิดจากเม็ดสีที่มีสีเข้มช่วยในการดูดกลืนแสงแล้ว ดัชนีหักเหแสงก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการจับคู่สีระหว่างเรซินคอมโพสิตกับสีฟันด้วย โดยถ้าวัสดุมีดัชนีหักเหแสงมาก จะทำให้มีการกระจายแสงมาก และมีความโปร่งแสงลดลง ส่งผลให้เห็นวัสดุมีลักษณะทึบแสง (59)

ค่าดัชนีหักเหแสงของอนุภาคเติมเต็ม ควรมีค่าประมาณ 1.47 ถึง 1.52 เพื่อให้ใกล้เคียงกับค่าดัชนีหักเหแสงของเมทริกซ์เรซิน เพราะถ้าค่าดัชนีหักเหแสงต่างกัน จะทำให้ความทึบ (opacity) เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการหักเห (refraction) และการสะท้อนแสง (reflection) ของรอยต่อระหว่างอนุภาคเติมเต็มกับเมทริกซ์เรซิน (filler-matrix interfaces) (60)

ชั้นเคลือบฟัน มีค่าดัชนีหักเหแสงอยู่ที่ประมาณ 1.63 ซึ่งสูงกว่าค่าดัชนีหักเหแสงของเรซินคอมโพสิตโดยทั่วไป เพราะฉะนั้นถ้าต้องการให้สีของเรซินคอมโพสิตตรงกับสีของชั้นเคลือบฟัน จะต้องปรับความโปร่งแสง (translucency) และค่าดัชนีหักเหแสงของเรซินคอมโพสิตให้ (60)

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ข้อพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัย (Ethical consideration)

งานวิจัยนี้ได้รับการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (study code HREC-DCU 2023 - 014, approval number 027/2023)

3.2 วัสดุและอุปกรณ์ (Materials)

วัสดุและอุปกรณ์สำหรับการทำแผ่นแบบเรซิน

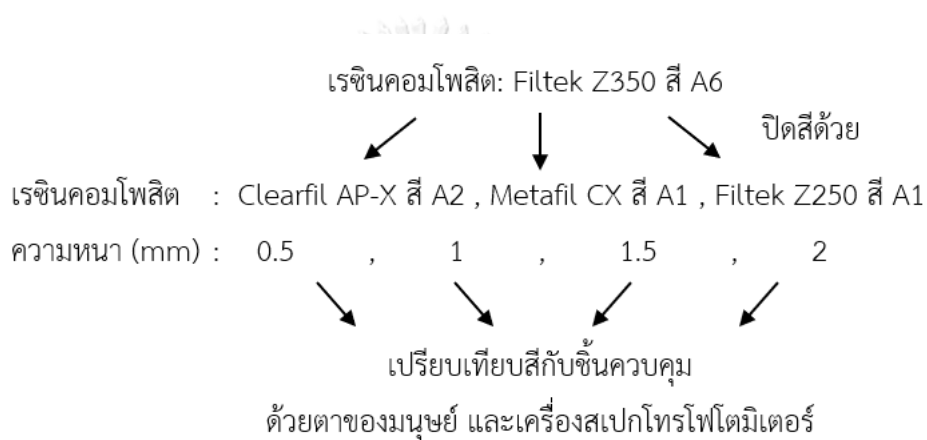
- โปรแกรม Shapr3D
- เครื่อง Formlabs Form 3B+ (Formlabs, Massachusetts, USA)
- Formlabs photopolymer resin grey (FLGPGR04)

วัสดุและอุปกรณ์สำหรับการทดสอบการปิดสี

- เรซินคอมโพสิต (Resin composite) : เคลียร์ฟิลเอพีเอ็กซ์ (Clearfil AP-X, Kuraray; Okayama, Japan; กลุ่ม CX) สี A2 , เมต้าฟิลซีเอ็กซ์ (Metafil CX, Sun medical, Shiga, Japan; กลุ่ม MX) สี A1 , ฟิลเทคซีทูไฟว์ซีโร่ (Filtek Z250, 3M, Minnesota, USA; กลุ่ม FZ) สี A1 และ ฟิลเทคซีทรีไฟว์ซีโร่เอ็กซ์ที (Filtek Z350 XT, 3M, Minnesota, USA; FT) สี A6
- สารยึด (Bonding agent) : เคลียร์ฟิลไตรเอสบอนด์ยูนิเวอร์ซอล (Clearfil Tri-S Bond Universal, Kuraray; Okayama, Japan) , ไฮบริดบอนด์วัน (Hybrid bond ONE, Sun medical, Shiga, Japan) และ ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอล (Single bond universal, 3M, Neuss, Germany)
- แผ่นแก้วผสมสาร (Glass slab)
- ไม้พายซีเมนต์ (Cement spatula)
- พู่กันสำหรับทาน้ำยาต่างๆ (Microbrush)
- ถาดหลุม (Mixing well)

- เครื่องฉายแสง (Bluephase N Cordless, Ivoclar Vivadent, USA)
- คาลิปเปอร์สำหรับงานทันตกรรม (Dental caliper)
- แบบจำลองฟัน (Dental model ANA-4, Frasaco, Germany)
- ชุดหัวหุ่นจำลองสำหรับงานทันตกรรม (Phantom head, Frasaco, Germany)
- เครื่องขัด (Minitech 233, Presi, USA)
- เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UltraScan VIS Spectrophotometer, Hunter Lab, USA)

3.3 ผังงานมาตรฐานการวิจัย (Flow chart study protocol)



ตารางที่ 1 ส่วนประกอบหลักของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิด

เรซินคอมโพสิต		Clearfil AP-X	Metafil CX	Filtek Z250
สี		A2	A1	A1
ผู้ผลิต		Kuraray	Sun medical	3M
ขนาดอนุภาคเติมเต็ม		Microhybrid	Microfill	Microhybrid
องค์ประกอบ	เมทริกซ์เรซิน	bis-GMA และ TEGDMA	UDMA และ TEGDMA	bis-GMA, UDMA, bis-EMA และ TEGDMA
	อนุภาคเติมเต็ม	silanated barium glass filler, silanated silica filler และ silanated colloidal silica	TMPT (organic filler) และ colloidal silica (inorganic filler)	zirconia/silica
ขนาดอนุภาค		1-3 μm	0.02-1 μm	0.01-3.5 μm
อัตราส่วน		86% by weight หรือ 70% by volume	Inorganic filler 27.2% by volume	60% by volume
รหัสกำกับสินค้า (Lot number)		140115	FE2403	9185595

Bis-GMA: Bisphenol A diglycidyl methacrylate; UDMA: Urethane dimethacrylate; Bis-EMA: Ethoxylated bisphenol A diglycidyl methacrylate; TEGDMA: Triethylene glycol dimethacrylate; TMPT: Trimethylolpropane trimethacrylate

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบหลักของสารยึดแต่ละชนิด

สารยึด	Clearfil Tri-S Bond Universal	Hybrid Bond ONE	Single Bond Universal Adhesive
ผู้ผลิต	Kuraray	Sun Medical	3M
องค์ประกอบ	MDP , Bis-GMA , HEMA , Hydrophilic aliphatic dimethacrylate , Colloidal silica , Silane coupling agent , di-Camphorquinone , Ethanol , Water	Methacrylate monomers , Acetone , Water	MDP Phosphate Monomer , Dimethacrylate resins , HEMA , Vitrebond Copolymer , Filler , Ethanol , Water , Initiators , Silane
วิธีการใช้	<ol style="list-style-type: none"> 1. ทาสารยึดติดนี้ด้วยอุปกรณ์ทาสารยึดติดที่เหมาะสมลงบนตัวฟันและถูประมาณ 10 วินาที 2. เป่าด้วยลมเบาๆ ประมาณ 5 วินาที จนกระทั่งไม่มีการเคลื่อนของสารและตัวทำละลายระเหยออกไปอย่างสมบูรณ์ 3. ฉายแสงเป็นเวลา 10 วินาที เพื่อให้เกิดการบ่มตัว 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ทาสารยึดติดนี้ด้วยอุปกรณ์ทาสารยึดติดที่เหมาะสมลงบนตัวฟันและถูประมาณ 20 วินาที 2. เป่าด้วยลมเบาๆ ประมาณ 5-10 วินาที จนกระทั่งไม่มีการเคลื่อนของสารและตัวทำละลายระเหยออกไปอย่างสมบูรณ์ 3. ฉายแสงเป็นเวลา 5 วินาที เพื่อให้เกิดการบ่มตัว 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ทาสารยึดติดนี้ด้วยอุปกรณ์ทาสารยึดติดที่เหมาะสมลงบนตัวฟันและถูประมาณ 20 วินาที 2. เป่าด้วยลมเบาๆ ประมาณ 5 วินาที จนกระทั่งไม่มีการเคลื่อนของสารและตัวทำละลายระเหยออกไปอย่างสมบูรณ์ 3. ฉายแสงเป็นเวลา 10 วินาที เพื่อให้เกิดการบ่มตัว

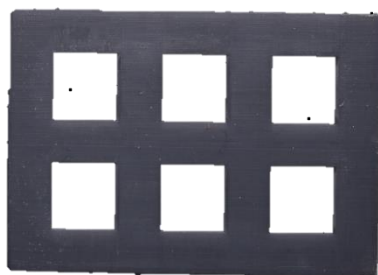
3.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย (Method for data collection)

ในงานวิจัยนี้ จะเป็นการนำชิ้นทดลองมาวัดความสามารถในการปิดสีเทียบกับชิ้นควบคุม โดยชิ้นทดลองจะได้อาจจากการนำเรซินคอมโพสิตสีขาวสุด 3 ชนิด ได้แก่ Clearfil AP-X สี A2 (CX), Metafil CX สี A1 (MX) และ Filtek Z250 สี A1 (FZ) และที่ความหนา 4 ระดับ ได้แก่ 0.5, 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร มาปิดสีของเรซินคอมโพสิตชนิด Filtek Z350 สีเข้มสุด A6 (FT) ที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร โดยใช้แผ่นแบบเรซินเป็นแม่พิมพ์ เพื่อให้สามารถผลิตชิ้นงานของเรซินคอมโพสิตที่ได้มาตรฐาน ส่วนชิ้นควบคุมจะเป็นเรซินคอมโพสิตทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร วิธีวัดความสามารถในการปิดสีจะวัดด้วยกัน 2 รูปแบบคือ วัดด้วยตาของมนุษย์ และวัดด้วยค่า ΔE จากเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (Sample size) ได้มาจากการคำนวณค่าพาวเวอร์ด้วยโปรแกรม จี-พาวเวอร์ (G-power) โดยใช้ข้อมูลจากการศึกษานำร่อง (Pilot study) ที่มีขนาด $n=5$ ต่อกลุ่มทดลอง ซึ่งจะได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 9 ชิ้น และใช้ทันตแพทย์ทั้งหมด 15 คน

การสร้างแผ่นแบบเรซิน (ภาพที่ 1)

1. ออกแบบแผ่นแบบเรซิน ให้มีช่องขนาด 8x8 mm โดยอ้างอิงจากความกว้างของฟันตัดซี่กลางของคนไทย (61) และมีความหนา 0.5, 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร โดยใช้โปรแกรม Shapr3D
2. สร้างแผ่นแบบเรซินด้วย Formlabs photopolymer resin grey (FLGPGR04) โดยใช้เครื่อง Formlabs Form 3B+



ภาพที่ 1 แผ่นแบบเรซินที่มีช่องขนาด 8x8 มิลลิเมตร จำนวน 6 ช่อง และมีความหนา 1 มิลลิเมตร

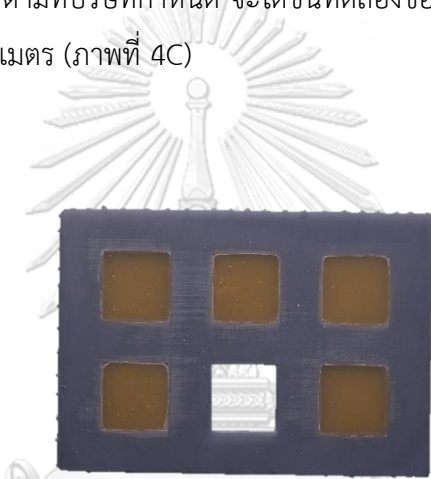
การสร้างขึ้นควบคุม (control) ของเรซินคอมโพสิตชนิด CX, MX และ FZ

1. นำแผ่นแบบเรซินที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร มาวางบนแผ่นแก้วผสมสาร
2. นำเรซินคอมโพสิตชนิด CX มาใส่ลงในช่องของแผ่นแบบเรซิน จากนั้นทำการเกลี่ยให้มีความหนาเท่ากับแผ่นแบบเรซิน และนำแผ่นแก้วผสมสารอีกอันมาทับ เพื่อควบคุมให้เรซินคอมโพสิตมีความหนา 1 มิลลิเมตร
3. ฉายแสงเรซินคอมโพสิตด้วยเครื่องฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที
4. นำเรซินคอมโพสิตออกจากแผ่นแบบเรซิน
5. ทำขั้นตอนที่ 1-4 ซ้ำอีกครั้ง โดยเปลี่ยนชนิดเรซินคอมโพสิตเป็น MX และ FZ และเปลี่ยนเวลาการฉายแสงเรซินคอมโพสิตด้วยเครื่องฉายแสงเป็น 30 และ 20 วินาที ตามลำดับ

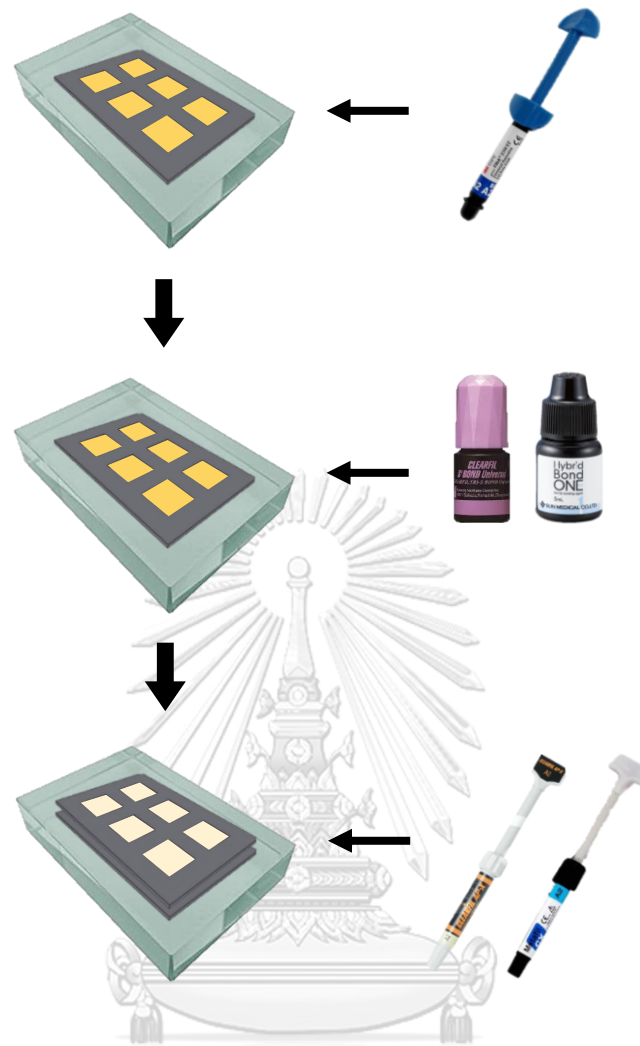
การสร้างขึ้นทดลอง (experiment) ของเรซินคอมโพสิตชนิด CX, MX และ FZ

1. นำแผ่นแบบเรซินที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร มาวางบนแผ่นแก้วผสมสาร
2. นำเรซินคอมโพสิตชนิด FT สี A6 มาใส่ลงในช่องของแผ่นแบบเรซิน จากนั้นทำการเกลี่ยให้มีความหนาเท่ากับแผ่นแบบเรซิน และนำแผ่นแก้วผสมสารอีกอันมาทับ เพื่อควบคุมให้เรซินคอมโพสิตมีความหนา 1 มิลลิเมตร
3. ฉายแสงเรซินคอมโพสิตด้วยเครื่องฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที
4. นำแผ่นแบบเรซินที่มีเรซินคอมโพสิตชนิด FT ไปขัดด้วยเครื่องขัด โดยใช้กระดาษทรายเบอร์ 400 เป็นเวลา 40 วินาที และเบอร์ 600 เป็นเวลา 60 วินาที ตามลำดับ (ภาพที่ 2)
5. ทา Clearfil Tri-S Bond Universal ลงบนเรซินคอมโพสิต
6. ฉายแสง Clearfil Tri-S Bond Universal ด้วยเครื่องฉายแสงเป็นเวลา 10 วินาที
7. นำแผ่นแบบเรซินที่มีความหนา 0.5 มิลลิเมตร มาวางซ้อนลงบนแผ่นแบบเรซินเดิม
8. นำเรซินคอมโพสิตชนิด CX มาใส่ลงในช่องของแผ่นแบบเรซิน จากนั้นทำการเกลี่ยให้มีความหนาเท่ากับแผ่นแบบเรซิน และนำแผ่นแก้วผสมสารอีกอันมาทับ เพื่อควบคุมให้เรซินคอมโพสิตมีความหนา 0.5 มิลลิเมตร (ภาพที่ 3)
9. ฉายแสงเรซินคอมโพสิตด้วยเครื่องฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที
10. นำเรซินคอมโพสิตชนิด CX ซึ่งยึดอยู่บนเรซินคอมโพสิตชนิด FT ออกจากแผ่นแบบเรซิน
11. ทำขั้นตอนที่ 1-10 ซ้ำอีกครั้ง เพื่อให้ได้ขั้นตอนทดลองของเรซินคอมโพสิตชนิด CX จำนวนทั้งหมด 9 ชิ้น
12. ทำขั้นตอนที่ 1-11 ซ้ำอีกครั้ง โดยเปลี่ยนความหนาของแผ่นแบบเรซินในข้อที่ 7 เป็น 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร ตามลำดับ จะได้ขั้นตอนทดลองของเรซินคอมโพสิตที่มีความหนา 0.5, 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร (ภาพที่ 4A)

13. ทำขั้นตอนที่ 1-12 ซ้ำอีกครั้ง โดยเปลี่ยนชนิดเรซินคอมโพสิตเป็น MX , เปลี่ยนสารยึดเป็น Hybrid Bond ONE , เปลี่ยนเวลาการฉายแสงสารยึดด้วยเครื่องฉายแสงเป็น 5 วินาที ตามที่บริษัทกำหนด และเปลี่ยนเวลาการฉายแสงเรซินคอมโพสิตด้วยเครื่องฉายแสงเป็น 30 วินาที ตามที่บริษัทกำหนด จะได้ชิ้นทดลองของเรซินคอมโพสิตที่มีความหนา 0.5, 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร (ภาพที่ 4B)
14. ทำขั้นตอนที่ 1-12 ซ้ำอีกครั้ง โดยเปลี่ยนชนิดเรซินคอมโพสิตเป็น FZ , เปลี่ยนสารยึดเป็น Single Bond Universal Adhesive, เปลี่ยนเวลาการฉายแสงสารยึดด้วยเครื่องฉายแสงเป็น 10 วินาที ตามที่บริษัทกำหนด และเปลี่ยนเวลาการฉายแสงเรซินคอมโพสิตด้วยเครื่องฉายแสงเป็น 20 วินาที ตามที่บริษัทกำหนด จะได้ชิ้นทดลองของเรซินคอมโพสิตที่มีความหนา 0.5, 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร (ภาพที่ 4C)

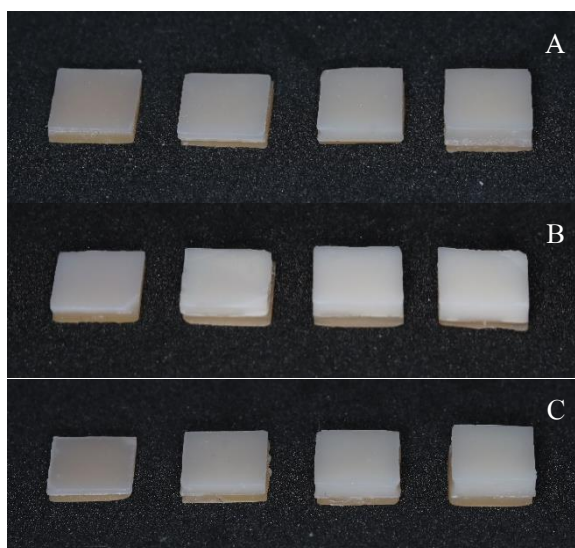


ภาพที่ 2 แผ่นแบบเรซินที่มีเรซินคอมโพสิตสีเข้มระดับ A6 ภายในช่อง
ก่อนการปิดสีด้วยเรซินคอมโพสิตสีขาว



ภาพที่ 3 แผนภาพจำลองขั้นตอนการสร้างชั้นทดลองของเรซินคอมโพสิต

CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 4 ชั้นทดลองของเรซินคอมโพสิต

A: ชั้นทดลองของเรซินคอมโพสิตชนิด CX ที่ความหนา 0.5, 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร

B: ชั้นทดลองของเรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 0.5, 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร

C: ชั้นทดลองของเรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 0.5, 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร

การทดสอบการปิดสีของเรซินคอมโพสิตด้วยตาของมนุษย์ (ภาพที่ 5)

1. นำชั้นทดลองของเรซินคอมโพสิตชนิด CX ติดลงบนด้านริมฝีปาก (labial) ของฟันซี่ 21 ในแบบจำลองฟัน ซึ่งอยู่ในชุดหัวหุ่นจำลองสำหรับงานทันตกรรมที่จัดตำแหน่งระดับสายตาของทันตแพทย์
2. นำชั้นควบคุมของเรซินคอมโพสิตชนิด CX ติดลงบนด้านริมฝีปากของฟันซี่ 11 ในแบบจำลองฟัน ซึ่งอยู่ในชุดหัวหุ่นจำลองสำหรับงานทันตกรรม
3. ปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเลือกสีฟัน โดยใช้หลอด LED ซึ่งมีอุณหภูมิสี 5500K เป็นแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งมีค่าความสว่างที่ประมาณ 140 ถึง 1,000 ลักซ์
4. ให้ทันตแพทย์จำนวน 15 คน สังเกตสีของชั้นทดลองเทียบกับสีของชั้นควบคุม โดยมีระยะห่างจากชุดหัวหุ่นจำลองสำหรับงานทันตกรรมอยู่ที่ประมาณ 60 เซนติเมตรถึง 180 เซนติเมตร และระยะเวลาที่ใช้ในการดูสีไม่เกิน 20 วินาที ถ้าทันตแพทย์คิดว่า สีของชั้นทดลองเทียบเท่ากับสีของชั้นควบคุมให้ทำเครื่องหมาย / ลงบนแผ่นกระดาษที่เตรียมไว้เพื่อเก็บข้อมูล
5. ทำขั้นตอนที่ 1-4 ซ้ำอีกครั้ง โดยเปลี่ยนความหนาของชั้นทดลองของเรซินคอมโพสิตชนิด CX เป็น 1, 1.5 และ 2 โดยการสุ่มลำดับ
6. ทำขั้นตอนที่ 1-5 ซ้ำอีกครั้ง โดยเปลี่ยนชนิดเรซินคอมโพสิตเป็น MX และ FZ ตามลำดับ
7. ข้อมูลที่ได้จากทันตแพทย์ทั้ง 15 คน ในแต่ละชั้นทดลองของเรซินคอมโพสิต จะถูกนำมา รวมกันแล้วเรียกเป็นค่า Sum masking (ค่าซั่มมาส์กิ้ง)



ภาพที่ 5 ชั้นทดลอง (ซี่ 21) และชั้นควบคุม (ซี่ 11) ของเรซินคอมโพสิตในแบบจำลองช่องปาก เพื่อวัดการปิดสีด้วยตามนุษย์

- A: เรซินคอมโพสิตชนิด CX ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร
 B: เรซินคอมโพสิตชนิด CX ที่ความหนา 1 มิลลิเมตร
 C: เรซินคอมโพสิตชนิด CX ที่ความหนา 1.5 มิลลิเมตร
 D: เรซินคอมโพสิตชนิด CX ที่ความหนา 2 มิลลิเมตร
 E: เรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร
 F: เรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 1 มิลลิเมตร
 G: เรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 1.5 มิลลิเมตร
 H: เรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 2 มิลลิเมตร
 I: เรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร
 J: เรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 1 มิลลิเมตร
 K: เรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 1.5 มิลลิเมตร
 L: เรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 2 มิลลิเมตร

การทดสอบการปิดสีของเรซินคอมโพสิตด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

นำชั้นทดลองของเรซินคอมโพสิตทั้ง 3 ชนิดมาวัดค่า ΔE เทียบกับชั้นควบคุม ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ โดยความสามารถในการปิดสีของชั้นทดลองของเรซินคอมโพสิตแต่ละชั้นเมื่อเทียบกับชั้นควบคุม จะแสดงผลในระบบซีไออีแอลเอบี (CIE $L^*a^*b^*$, CIELAB) ซึ่งจะถูกนำไปคำนวณเป็นค่า ΔE โดยใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

การควบคุมและปรับเทียบสายตามนุษย์

ทันตแพทย์ทั้งหมดที่เข้าร่วมในงานวิจัยนี้ เป็นนิสิตทันตแพทย์หลังปริญญาปี 2 สาขาทันตกรรมประดิษฐ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีประสบการณ์ในการทำงานเกี่ยวกับการเลือกสีฟันและการอุดฟันอย่างน้อย 6 ปี มีความรู้ความเข้าใจในการเลือกสีฟันเป็นอย่างดี ผ่านการทดสอบตาบอดสี และมีการปรับเทียบสายตาก่อนการทดลอง

การควบคุมและปรับเทียบเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์จะถูกปรับเทียบมาตรฐานด้วยพื้นหลังสีขาวและสีดำ ชั้นทดลองจะถูกวัด 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยของค่า $L^*a^*b^*$ ของแต่ละชั้นทดลอง จากนั้นจะถูกนำไปคำนวณเป็นค่า ΔE โดยการเปรียบเทียบกับชั้นควบคุม

3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistics analysis)

ตัวแปรอิสระ (Independent variable) คือ ชนิดและความหนาของเรซินคอมโพสิต
ตัวแปรตาม (Dependent variable) คือ ความสามารถในการปิดสีของเรซินคอมโพสิต

ข้อมูลค่าซิมมาส์กิงของเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิดที่ความหนาแต่ละระดับ จากการทดสอบการปิดสีของเรซินคอมโพสิตด้วยตาของมนุษย์ ถูกนำมาวิเคราะห์หาค่ามัธยฐาน (Median), ค่าน้อยที่สุด (Minimum) และค่ามากที่สุด (Maximum) และใช้การทดสอบแบบครัสคัล-วอลลิส (Kruskal-Wallis test) ในการพิจารณาการเปรียบเทียบระหว่างเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิด เมื่อพิจารณาที่ความหนาแต่ละระดับ

ข้อมูลค่า ΔE ของเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิดที่ความหนาแต่ละระดับ จากการทดสอบการปิดสีของเรซินคอมโพสิตด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ถูกนำมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) และใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) และการทดสอบโพสฮอค: เกมส์-โฮเวลล์ (Post Hoc Tests: Games-Howell's test) ในการประเมินความแตกต่างระหว่างเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิด เมื่อพิจารณาที่ความหนาแต่ละระดับ

การวิเคราะห์ความสามารถในการปิดสีของเรซินคอมโพสิตจะพิจารณาจากค่า ΔE โดยนำค่า ΔE มาเปรียบเทียบ 3 รูปแบบ รูปแบบแรกจะพิจารณาเปรียบเทียบกับค่า ΔE ที่ ≤ 3.7 เนื่องจากเป็นเกณฑ์สำหรับความแตกต่างของสีที่ยอมรับได้ทางคลินิกจากผลงานวิจัยอื่น (43) รูปแบบที่ 2 จะพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย ΔE ในชั้นทดลองของเรซินคอมโพสิตที่มีค่าซั่มมาสก์กึ่งเท่ากับ 15 ซึ่งเป็นชั้นทดลองที่ทันตแพทย์ทุกคนที่เข้าร่วมเห็นว่าสีเทียบเท่ากับสีของชั้นควบคุม และรูปแบบที่ 3 จะพิจารณาเปรียบเทียบกับค่า ΔE ของชั้นควบคุมของเรซินคอมโพสิตทั้ง 3 ชนิด

การหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทดสอบการปิดสีด้วยตาของมนุษย์กับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ จะได้จากการนำค่าซั่มมาสก์กึ่งมาแปลงเป็นค่า 15-Sum masking เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่า ΔE โดยใช้การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass Correlation Coefficient)

การวิเคราะห์ทางสถิติจะคำนวณด้วยโปรแกรมเอสพีเอสเอส รุ่น 29 (SPSS version 29, IBM, New York, USA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลสรุปค่า Sum masking และค่า ΔE ของเรซินคอมโพสิตแต่ละกลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 3 ค่ามัธยฐานของค่า Sum masking ของเรซินคอมโพสิตชนิด CX ที่ความหนา 0.5, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 0 และมีค่ามากขึ้นเล็กน้อย (มีค่าเท่ากับ 4) ที่ความหนา 2 มิลลิเมตร ในขณะที่ค่ามัธยฐานของค่า Sum masking ของเรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 0 และมีค่ามากขึ้นอย่างชัดเจน (มีค่าประมาณ 9-12) ที่ความหนา 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร ส่วนค่ามัธยฐานของค่า Sum masking ของเรซินคอมโพสิตชนิด FZ มีค่ามากขึ้นเล็กน้อย (มีค่าประมาณ 0-2) ที่ความหนา 0.5, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร แต่มีค่ามากขึ้นอย่างชัดเจน (มีค่าเท่ากับ 11) ที่ความหนา 2 มิลลิเมตร โดยจากการทดสอบแบบครัสคัล-วอลลิส ไม่พบความแตกต่างระหว่างเรซินคอมโพสิตชนิด CX ที่ความหนา 0.5, 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร, เรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร และเรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 0.5, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร และไม่พบความแตกต่างระหว่างเรซินคอมโพสิตชนิด CX ที่ความหนา 2 มิลลิเมตร, เรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร และเรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร และเรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร กับเรซินคอมโพสิตชนิด CX ที่ความหนา 0.5, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร, เรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร และเรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 6

ค่าเฉลี่ยของค่า ΔE ของเรซินคอมโพสิตทั้ง 3 ชนิดมีค่าลดลงเมื่อระดับความหนาเพิ่มมากขึ้น โดยค่า ΔE ของเรซินคอมโพสิตชนิด CX มีค่าประมาณ 6 ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร และลดลงเรื่อยๆ ตามระดับความหนาที่เพิ่มมากขึ้น จนมีค่าประมาณ 5 ที่ความหนา 2 มิลลิเมตร , ค่า ΔE ของเรซินคอมโพสิตชนิด MX มีค่าประมาณ 6 ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร และลดลงเรื่อยๆ ตามระดับความหนาที่เพิ่มมากขึ้น จนมีค่าประมาณ 1 ที่ความหนา 2 มิลลิเมตร และค่า ΔE ของเรซินคอมโพสิตชนิด FZ มีค่าประมาณ 9 ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร และลดลงเรื่อยๆ ตามระดับความหนาที่เพิ่มมากขึ้น จนมีค่าประมาณ 5 ที่ความหนา 2 มิลลิเมตร ซึ่งจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และการทดสอบโพสฮอคแบบเกมส์-โฮเวลล์ ไม่พบความแตกต่างระหว่างเรซินคอมโพสิตชนิด CX ที่ความหนา 0.5, 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร, เรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร และเรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร , ไม่พบความแตกต่างระหว่าง

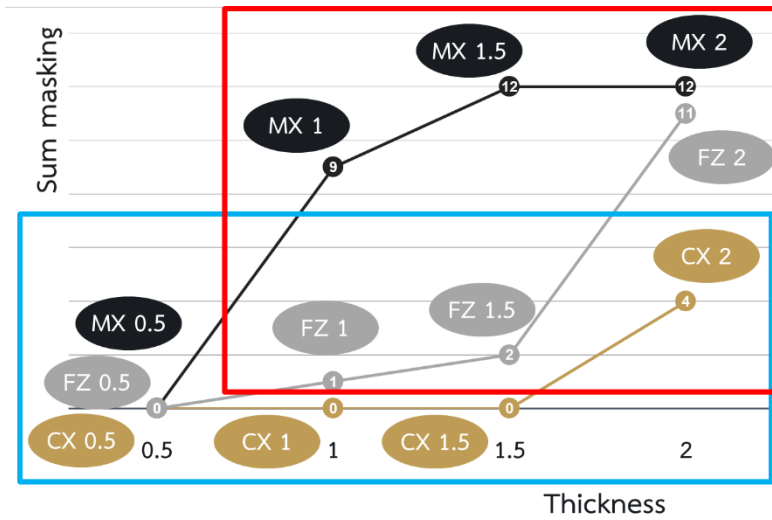
เรซินคอมโพสิตชนิด CX ที่ความหนา 1.5 และ 2 มิลลิเมตร, เรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 1 มิลลิเมตร และเรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 2 มิลลิเมตร และไม่พบความแตกต่างระหว่างเรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 1.5 กับ 2 มิลลิเมตร แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง เรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 1.5 และ 2 มิลลิเมตร กับเรซินคอมโพสิตอื่นๆ ที่เหลือทั้งหมด และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง เรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตรกับเรซินคอมโพสิตอื่นๆ ที่เหลือทั้งหมด ดังแสดงในภาพที่ 7

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น พบว่าค่า 15-Sum masking มีความสัมพันธ์กับค่า ΔE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าความสอดคล้องอยู่ที่ 0.625 (95% CI: 0.452, 0.744) อย่างไรก็ตามพบความแตกต่างค่าเฉลี่ย ΔE ที่ความหนา 1 มิลลิเมตร กับ 1.5 และ 2 มิลลิเมตร ของเรซินคอมโพสิตชนิดMX แต่ไม่พบความแตกต่างของค่า 15-Sum masking ที่ความหนาเหล่านี้ (ภาพที่ 8)

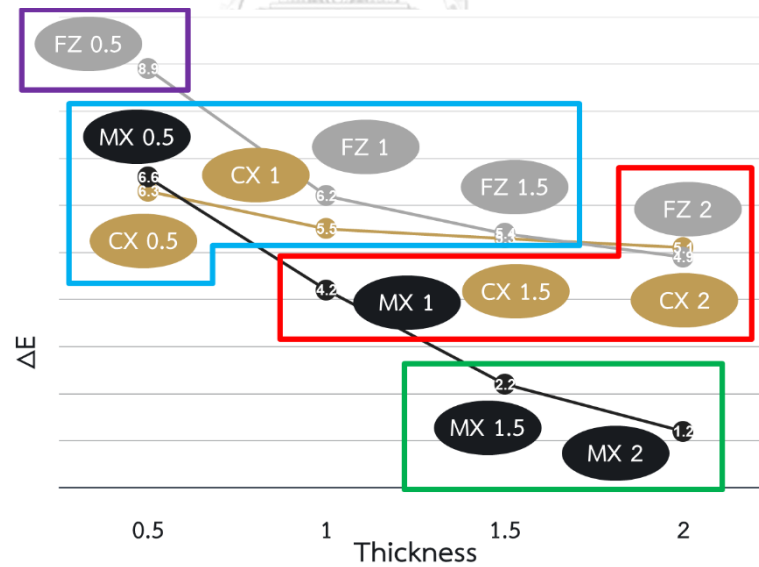
ตารางที่ 3 ค่า Sum masking และค่า ΔE ของแต่ละกลุ่ม

เรซินคอมโพสิต	ความหนา (mm)	Sum masking (Median (Min,Max))	ΔE (Mean \pm SD)
Clearfil AP-X (CX)	0.5	0 (0,0) ^A	6.27 \pm 0.41 ^a
	1	0 (0,4) ^A	5.49 \pm 0.50 ^a
	1.5	0 (0,3) ^A	5.27 \pm 0.28 ^{ab}
	2	4 (0,7) ^{AB}	5.05 \pm 0.28 ^{ab}
Metafil CX (MX)	0.5	0 (0,0) ^A	6.63 \pm 0.73 ^a
	1	9 (5,12) ^B	4.21 \pm 0.77 ^b
	1.5	12 (2,15) ^B	2.17 \pm 0.95 ^c
	2	12 (6,14) ^B	1.20 \pm 0.38 ^c
Filtek Z250 (FZ)	0.5	0 (0,0) ^A	8.97 \pm 0.89 ^d
	1	1 (0,8) ^{AB}	6.17 \pm 0.44 ^a
	1.5	2 (0,5) ^{AB}	5.42 \pm 0.53 ^a
	2	11 (3,14) ^B	4.92 \pm 0.53 ^{ab}

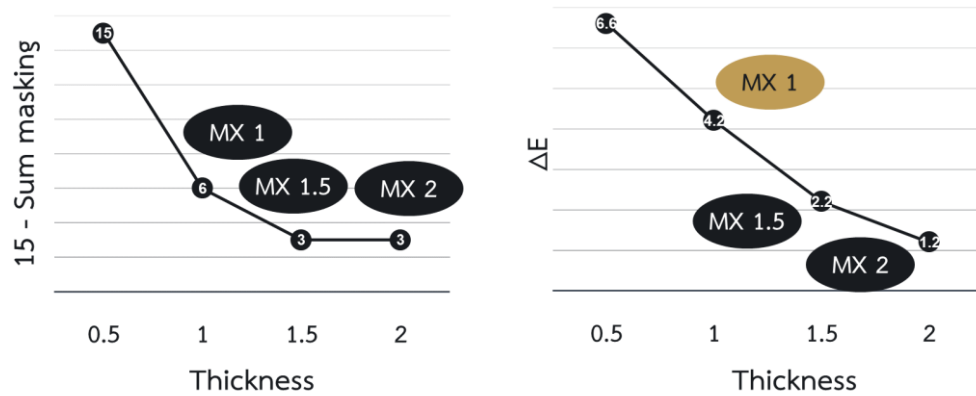
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่หรือตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันของแต่ละกลุ่ม แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 6 แผนภูมิเส้นการเปรียบเทียบค่า Sum masking ของวัสดุเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิดที่ความหนาแตกต่างกัน กลุ่มที่อยู่ในกล่องที่มีสีต่างกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กลุ่มที่อยู่ในกล่องที่ซ้อนทับกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 7 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบค่า ΔE ของวัสดุเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิดที่ความหนาแตกต่างกัน กลุ่มที่อยู่ในกล่องที่มีสีต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 8 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบค่า median 15-Sum masking และค่าเฉลี่ย ΔE ของเรซินคอมโพสิตชนิด MX ไม่พบความแตกต่างของค่า 15-Sum masking ที่ความหนา 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร แต่ พบความแตกต่างค่า ΔE ที่ความหนา 1 มิลลิเมตร กับ 1.5 และ 2 มิลลิเมตร

บทที่ 5

อภิปรายผล

การศึกษาและวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการปิดสีของเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิด ที่ความหนาแต่ละระดับโดยใช้ตามนุษย์ (ตารางที่ 3 และภาพที่ 6) พบว่าค่ามัธยฐานของค่า Sum masking ของเรซินคอมโพสิตชนิด CX ที่ความหนา 0.5, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 0 และมีค่ามากขึ้นเล็กน้อยที่ความหนา 2 มิลลิเมตร , ค่ามัธยฐานของค่า Sum masking ของเรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 0 และมีค่ามากขึ้นเล็กน้อยที่ความหนา 1 และ 1.5 มิลลิเมตร แต่มีค่ามากขึ้นอย่างชัดเจนที่ความหนา 2 มิลลิเมตร , ค่ามัธยฐานของค่า Sum masking ของเรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 0 และมีค่ามากขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อความหนามากขึ้น โดยที่ความหนา 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร มีความแตกต่างจากความหนา 0.5 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าเมื่อใช้ตามนุษย์เปรียบเทียบความสามารถในการปิดสีของเรซินคอมโพสิตทั้ง 3 ชนิดที่ความหนาแต่ละระดับ พบว่าเรซินคอมโพสิตชนิด MX มีประสิทธิภาพในการปิดสีมากกว่าชนิด CX และ FZ โดยเริ่มปิดสี A6 ได้ที่ความหนา 1 มิลลิเมตร ในขณะที่เรซินคอมโพสิตชนิด CX และ FZ เริ่มปิดสีได้ที่ความหนา 2 มิลลิเมตร หรือมากกว่า

จากผลการวิเคราะห์ค่า Sum masking ไม่พบความแตกต่างระหว่าง เรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร กับเรซินคอมโพสิตชนิด CX ที่ความหนา 0.5, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร และเรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร และไม่พบความแตกต่างระหว่าง เรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร กับเรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 2 มิลลิเมตร แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้ตามนุษย์เปรียบเทียบการปิดสีของเรซินคอมโพสิต พบว่าเรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร มีความสามารถในการปิดสีใกล้เคียงกับเรซินคอมโพสิตชนิด CX ที่ความหนา 0.5, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร และเรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร ทั้งนี้เรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร มีความสามารถในการปิดสีใกล้เคียงกับเรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 2 มิลลิเมตร

จากผลการวิเคราะห์ค่า Sum masking พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร และเรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 2 มิลลิเมตร กับเรซินคอมโพสิตชนิด CX ที่ความหนา 0.5, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร, เรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร และเรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้ตามนุษย์เปรียบเทียบการปิดสีของเรซินคอมโพสิต พบว่า

เรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร และเรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 2 มิลลิเมตร มีความสามารถในการปิดสีมากกว่า เรซินคอมโพสิตชนิด CX ที่ความหนา 0.5, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร, เรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร และเรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร

จากการศึกษาและวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการปิดสีของเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิดที่ความหนาแต่ละระดับโดยใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (ตารางที่ 3 และภาพที่ 7) ผลการวิเคราะห์ค่า ΔE ไม่พบความแตกต่างระหว่าง เรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร กับเรซินคอมโพสิตชนิด CX ที่ความหนา 0.5 และ 1 มิลลิเมตร และเรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 1 และ 1.5 มิลลิเมตร และไม่พบความแตกต่างระหว่าง เรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 1 มิลลิเมตร กับเรซินคอมโพสิตชนิด CX ที่ความหนา 1.5 และ 2 มิลลิเมตร และเรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 2 มิลลิเมตร แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ในการวิเคราะห์ความสามารถในการปิดสี เรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร มีความสามารถในการปิดสีใกล้เคียงกับเรซินคอมโพสิตชนิด CX ที่ความหนา 0.5 และ 1 มิลลิเมตร และเรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 1 และ 1.5 มิลลิเมตร ส่วนเรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 1 มิลลิเมตร มีความสามารถในการปิดสีใกล้เคียงกับเรซินคอมโพสิตชนิด CX ที่ความหนา 1.5 และ 2 มิลลิเมตร และเรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 2 มิลลิเมตร

จากผลการวิเคราะห์ค่า ΔE พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง เรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 1.5 และ 2 มิลลิเมตรกับเรซินคอมโพสิตอื่นๆ ที่เหลือทั้งหมด และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง เรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตรกับเรซินคอมโพสิตอื่นๆ ที่เหลือทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ในการวิเคราะห์ความสามารถในการปิดสี เรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 1.5 และ 2 มิลลิเมตร มีความสามารถในการปิดสีมากกว่าเรซินคอมโพสิตอื่นๆ ที่เหลือทั้งหมด และเรซินคอมโพสิตชนิด FZ ที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตร มีความสามารถในการปิดสีน้อยกว่าเรซินคอมโพสิตอื่นๆ ที่เหลือทั้งหมด

เมื่อนำผลการวิเคราะห์ค่า Sum masking ซึ่งได้จากการใช้ตามนุษย์ มาเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ค่า ΔE ซึ่งได้จากการใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ พบว่าการใช้ตามนุษย์และการใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ได้ผลไปในทิศทางเดียวกัน เพียงแต่การใช้ตามนุษย์จะมีความละเอียดน้อยกว่าการใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ โดยสังเกตได้จากการที่ผลการวิเคราะห์ค่า Sum masking ไม่พบความแตกต่างระหว่างเรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร แต่ผลการวิเคราะห์ค่า ΔE พบความแตกต่างระหว่างเรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 1 มิลลิเมตรกับเรซินคอมโพสิตชนิด MX ที่ความหนา 1.5 และ 2 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 8 สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจจะเป็นเพราะว่าค่า Sum masking จะพิจารณาเฉพาะแค่ความสามารถในการปิดสีว่าสามารถปิด

สีได้หรือไม่ แต่ค่า ΔE จะเป็นค่าความแตกต่างของสี ซึ่งจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ ตามความหนาที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ค่า ΔE มีความละเอียดมากกว่าค่า Sum masking นอกจากนี้ จากผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น พบว่าค่า 15-Sum masking มีความสัมพันธ์กับค่า ΔE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า ผลการวิเคราะห์ค่า Sum masking มีความสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่า ΔE ซึ่งช่วยยืนยันได้ว่า ตามนุษย์มีประสิทธิภาพในการวัดการปิดสีของเรซินคอมโพสิตที่มีความหนาแตกต่างกัน สอดคล้องกับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

เกณฑ์สำหรับความแตกต่างของสีที่ยอมรับได้ทางคลินิกจากผลงานวิจัยอื่นคือจะต้องมีค่า $\Delta E \leq 3.7$ (43) ในงานวิจัยนี้ พบว่าทุกระดับความหนาของเรซินคอมโพสิตชนิด CX และ FZ มีค่า $\Delta E > 3.7$ แสดงว่าเรซินคอมโพสิตชนิด CX และ FZ ที่ความหนาน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 มิลลิเมตร ไม่สามารถบูรณะฟันสี A6 ให้ได้สีที่สวยงามยอมรับได้ในทางคลินิก ในขณะที่เรซินคอมโพสิตชนิด MX มีค่า $\Delta E \leq 3.7$ ที่ความหนา 1.5 และ 2 มิลลิเมตร แสดงว่าเรซินคอมโพสิตชนิด MX สามารถบูรณะฟันสี A6 ให้ได้สีที่สวยยอมรับได้ในทางคลินิก ที่ความหนาประมาณ 1.5 – 2 มิลลิเมตร

เมื่อสังเกตค่า ΔE ในชั้นทดลองของเรซินคอมโพสิตที่มีค่า Sum masking เท่ากับ 15 ซึ่งเป็นชั้นทดลองที่ทันตแพทย์ทุกคนที่เข้าร่วมเห็นว่าสีเทียบเท่ากับสีของชั้นควบคุม หรือก็คือสามารถปิดสี A6 ได้อย่างสมบูรณ์ จะพบว่าค่า ΔE อยู่ที่ประมาณ 2 เมื่อนำมาคำนวณจะพบว่าค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.24 แสดงว่า เกณฑ์สำหรับความแตกต่างของสีที่สามารถปิดสีได้เท่าสีควบคุมจากผลในงานวิจัยนี้คือจะต้องมีค่า $\Delta E \leq 2.24$ ซึ่งในงานวิจัยนี้ พบว่าทุกระดับความหนาของเรซินคอมโพสิตชนิด CX และ FZ มีค่า $\Delta E > 2.24$ แสดงว่าเรซินคอมโพสิตชนิด CX และ FZ ที่ความหนาน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 มิลลิเมตร ไม่สามารถปิดสี A6 ได้อย่างสมบูรณ์ ในขณะที่เรซินคอมโพสิตชนิด MX มีค่า $\Delta E \leq 2.24$ ที่ความหนา 1.5 และ 2 มิลลิเมตร แสดงว่าเรซินคอมโพสิตชนิด MX สามารถปิดสี A6 ให้ได้สี A1 ในสายตาทันตแพทย์ทุกคนและวัดโดยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ได้ที่ความหนา 1.5 – 2 มิลลิเมตร

ค่า ΔE ของชั้นควบคุมของเรซินคอมโพสิตชนิด CX สี A2 มีค่าเท่ากับ 0.24, ของเรซินคอมโพสิตชนิด MX สี A1 มีค่าเท่ากับ 0.62 และของเรซินคอมโพสิตชนิด FZ สี A1 มีค่าเท่ากับ 0.53 เมื่อพิจารณาที่ความหนาแต่ละระดับ พบว่าเรซินคอมโพสิตทั้ง 3 ชนิดมีค่า ΔE มากกว่าค่า ΔE ของชั้นควบคุม แสดงให้เห็นว่าเรซินคอมโพสิตทั้ง 3 ชนิดไม่มีความสามารถในการปิดสีพื้นหลังสี A6 ได้อย่างสมบูรณ์ แต่จากแนวโน้มของค่า ΔE พบว่าที่ความหนา 1.5 และ 2 มิลลิเมตร เรซินคอมโพสิตชนิด MX มีค่า ΔE ใกล้เคียงกับค่า ΔE ของชั้นควบคุม ในขณะที่เรซินคอมโพสิตชนิด CX และ FZ มีค่า ΔE ไม่ใกล้เคียงกับค่า ΔE ของชั้นควบคุม เป็นการยืนยันว่าเรซินคอมโพสิตชนิด MX มีความสามารถในการปิดสีได้ดีกว่าเรซินคอมโพสิตชนิด CX และ FZ นอกจากนี้ การที่เรซินคอมโพสิตทั้ง 3 ชนิดไม่มีความสามารถในการปิดสีพื้นหลังสี A6 ที่ความหนา 0.5 และ 1 มิลลิเมตร สอดคล้อง

กับงานวิจัยอื่นที่ศึกษาในเรซินคอมโพสิตที่ต่างชนิดกับงานวิจัยนี้ แต่ก็พบว่าเรซินคอมโพสิตที่ความหนาแน่นน้อยกว่า 0.8-1.45 มิลลิเมตร ไม่สามารถปิดสีพื้นหลังสี C4 ได้ (57)

ค่าเฉลี่ยของ ΔE ของเรซินคอมโพสิตทั้ง 3 ชนิดมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความหนา กล่าวคือค่า ΔE ของเรซินคอมโพสิตจะลดลงเมื่อระดับความหนาเพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับงานวิจัยอื่นที่พบว่า ความหนาของเรซินคอมโพสิตที่เพิ่มมากขึ้น จะทำให้เรซินคอมโพสิตมีค่า ΔE และค่าดัชนีความโปร่งแสง (Translucency parameter, TP) ลดลง (62) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่พบว่า ถ้าเรซินคอมโพสิตมีค่าดัชนีความโปร่งแสงลดลง จะมีความทึบเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีความสามารถในการปิดสีเพิ่มมากขึ้น (63) จากการศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลขององค์ประกอบเรซินเมทริกซ์ ได้แก่ ทีอีจีดีเอ็มเอ (TEGDMA, Triethylene glycol dimethacrylate), ยูดีเอ็มเอ (UDMA, Urethane dimethacrylate) และบิส-จีเอ็มเอ (Bis-GMA, Bisphenol A diglycidyl methacrylate) ที่ไม่มีส่วนประกอบของอนุภาคเติมเต็ม พบว่าความโปร่งแสงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในเรซินคอมโพสิตที่มีส่วนประกอบของอนุภาคเติมเต็ม พบว่าเรซินคอมโพสิตที่มี Bis-GMA จะมีความโปร่งแสงมากกว่าเรซินคอมโพสิตที่มี TEGDMA หรือ UDMA บ่งบอกว่าความโปร่งแสงของเรซินคอมโพสิต นอกจากจะขึ้นอยู่กับชนิดของอนุภาคเติมเต็มแล้ว ยังขึ้นอยู่กับปริมาณของ Bis-GMA ในองค์ประกอบเรซินเมทริกซ์ด้วย (64)

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่าเรซินคอมโพสิตชนิด MX มีความสามารถในการปิดสี A6 มากกว่าเรซินคอมโพสิตชนิด CX และ FZ ในทุกระดับความหนา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่เรซินคอมโพสิตชนิด MX มีอนุภาคเติมเต็มเป็นส่วนผสมของอนุภาคเติมเต็มอินทรีย์ (Organic filler) ซึ่งคือ ไตรเมทิลโพรเพนไตรเมทาคริเลต (Trimethylolpropane trimethacrylate, TMPT) และอนุภาคเติมเต็มอนินทรีย์ (Inorganic filler) ซึ่งคือซิลิกาโคลลอยด์ (Colloidal silica) แต่เรซินคอมโพสิตชนิด CX และ FZ มีอนุภาคเติมเต็มเป็นอนุภาคเติมเต็มอนินทรีย์เพียงอย่างเดียว โดยอนุภาคเติมเต็มอนินทรีย์ของเรซินคอมโพสิตชนิด CX คือ แบเรียมแก้ว (Barium glass) และซิลิกา (Silica) ส่วนอนุภาคเติมเต็มอนินทรีย์ของเรซินคอมโพสิตชนิด FZ คือ เซอร์โคเนียและซิลิกา (Zirconia/silica) ซึ่งจากงานวิจัยเกี่ยวกับ TMPT พบว่าอนุภาคเติมเต็มอินทรีย์ชนิดนี้ประกอบด้วยพันธะคู่ที่หลงเหลือบนพื้นผิว ซึ่งสามารถเกิดการเชื่อมประสานกับเรซินเมทริกซ์ผ่านกระบวนการโคพอลิเมอไรเซชัน ทำให้เกิดโครงสร้างแบบร่างแห ช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกล (65) ทั้งนี้ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ระหว่างอนุภาคเติมเต็มกับเรซินเมทริกซ์ ส่งผลทำให้ความสามารถในการปิดสีของเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิดต่างกันด้วย (66) สิ่งนี้อาจเป็นสาเหตุร่วมที่ทำให้เรซินคอมโพสิตชนิด MX มีความสามารถในการปิดสีสูงกว่าเรซินคอมโพสิตชนิด CX และ FZ ซึ่งมีอนุภาคเติมเต็มอนินทรีย์ที่ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาโคพอลิเมอไรเซชัน (67)

ในการเปรียบเทียบความสามารถในการปิดสีของเรซินคอมโพสิตที่ระดับความหนาต่างๆ จะมีปัญหาในการควบคุมความหนาของเรซินคอมโพสิตให้ได้ตามที่ต้องการ ซึ่งในงานวิจัยนี้สามารถแก้ปัญหาโดยการใช้แผ่นแบบเรซินเป็นโครงร่างในการสร้างชิ้นควบคุมและขึ้นทดลองของเรซินคอมโพสิต ซึ่งนอกจากจะได้ความหนาในระดับที่ต้องการแล้ว ยังได้ขนาดที่เท่ากันอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีปัญหาในการปรับเทียบสายตามนุษย์ ซึ่งในงานวิจัยนี้สามารถแก้ปัญหาโดยการให้ทันตแพทย์ทั้งหมดที่เข้าร่วมในงานวิจัยนี้ เป็นนิสิตทันตแพทย์หลังปริญญาปี 2 สาขาทันตกรรมประดิษฐ์ ซึ่งมีทั้งความรู้และประสบการณ์ในการทำงานเกี่ยวกับการเลือกสีฟัน และมีการปรับเทียบสายตาก่อนการทดลอง รวมถึงการวัดความสอดคล้องในทันตแพทย์แต่ละคน โดยการให้ทันตแพทย์ทั้งหมดทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้งแล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าแคปปา (Kappa)



บทที่ 6

สรุปผล

เรซินคอมโพสิตชนิดเมต้าฟิลซีเอ็กซ์ (Metafil CX) ที่มีอนุภาคเติมเต็มอินทรีย์ มีความสามารถในการปิดสี A6 ได้ดีกว่าเรซินคอมโพสิตชนิดเคลียร์ฟิลเอพีเอ็กซ์ (Clearfil AP-X) และเรซินคอมโพสิตชนิดฟิลเทคซีทูไฟว์ซีโร่ (Filtek Z250) ที่มีอนุภาคเติมเต็มอนินทรีย์ ในทุกระดับความหนา โดยเรซินคอมโพสิตเมต้าฟิลซีเอ็กซ์ (Metafil CX) ที่ความหนาประมาณ 1.5 – 2 มิลลิเมตร สามารถบดสีฟันสี A6 ให้ได้สีฟันที่ระดับ A1

ความสามารถในการวัดการปิดสีของตามนุษย์และเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ได้ผลไปในทิศทางเดียวกัน เพียงแต่ว่าการใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์จะมีความละเอียดมากกว่า



บรรณานุกรม

1. Watts A, Addy M. Tooth discolouration and staining: a review of the literature. *British dental journal*. 2001;190(6).
2. Johnston WM, Reisbick M. Color and translucency changes during and after curing of esthetic restorative materials. *Dental Materials*. 1997;13(2):89-97.
3. Peters MC, McLean ME. Minimally Invasive Operative Care: I. Minimal Intervention and Concepts for Minimally Invasive Cavity Preparations. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2001;3(1).
4. Setien VJ, Roshan S, Nelson PW. Clinical management of discolored teeth. *General dentistry*. 2008;56(3):294-300; quiz 1.
5. Carey CM. Tooth whitening: what we now know. *Journal of Evidence Based Dental Practice*. 2014;14:70-6.
6. Bitter NC. A scanning electron microscopy study of the effect of bleaching agents on enamel: a preliminary report. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1992;67(6):852-5.
7. Goldberg M, Grootveld M, Lynch E. Undesirable and adverse effects of tooth-whitening products: a review. *Clinical oral investigations*. 2010;14(1):1-10.
8. Piemjai M, Surakomponorn J. Effect of tooth-bleaching on the tensile strength and staining by caries detector solution on bovine enamel and dentin. *American Journal of Dentistry*. 2006;19(6):387-92.
9. El-Mowafy O, El-Aawar N, El-Mowafy N. Porcelain veneers: An update. *Dental and medical problems*. 2018;55(2):207-11.
10. Edelhoff D, Sorensen JA. Tooth structure removal associated with various preparation designs for anterior teeth. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2002;87(5):503-9.
11. Fahl Jr N, Ritter AV. Composite veneers: The direct-indirect technique revisited. *Journal of esthetic and restorative dentistry*. 2021;33(1):7-19.
12. Machado AN, Coelho-de-Souza FH, Rolla JN, Erhardt M, Demarco FF. Direct or indirect composite veneers in anterior teeth: which method causes higher tooth

- mass loss? An in vitro study. *Gen Dent.* 2014;62(6):55-7.
13. Araujo E, Perdigão J. Anterior veneer restorations-an evidence-based minimal-intervention perspective. *J Adhes Dent.* 2021;23(2):91-110.
 14. Gilreath P. Is the Color of Your Teeth Showing Your Age? : Gilreath Family Dentistry; 2016 [updated November 23, 2016. Available from: <https://www.gilreathdental.com/is-the-color-of-your-teeth-showing-your-age/>.
 15. Haralur SB. Effect of age on tooth shade, skin color and skin-tooth color interrelationship in Saudi Arabian subpopulation. *Journal of international oral health: JIOH.* 2015;7(8):33.
 16. Stošić N, Popović J, Gašić J, Mičić A, Nikolić M, Barac R, et al. Examination of tooth shade in relation to age and gender. *Glasnik Antropološkog društva Srbije.* 2019(54):41-51.
 17. Hassel AJ, Johanning M, Grill S, Schröder J, Wahl HW, Corcodel N, et al. Changes of tooth color in middle and old age: A longitudinal study over a decade. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry.* 2017;29(6):459-63.
 18. Solheim T. Dental colour as an indicator of age. *Gerodontology.* 1988;4:114-8.
 19. Ten Bosch J, Coops J. Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness. *Journal of dental research.* 1995;74(1):374-80.
 20. Morley J. The esthetics of anterior tooth aging. *Current Opinion in Cosmetic Dentistry.* 1997;4:35-9.
 21. Hasegawa A, Motonomi A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color of natural tooth crown in Japanese people. *Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur.* 2000;25(1):43-8.
 22. Solheim T. Amount of secondary dentin as an indicator of age. *European Journal of Oral Sciences.* 1992;100(4):193-9.
 23. Schuster A, Shwachman H. The tetracyclines; applied pharmacology. *Pediatric clinics of North America.* 1956:295-303.

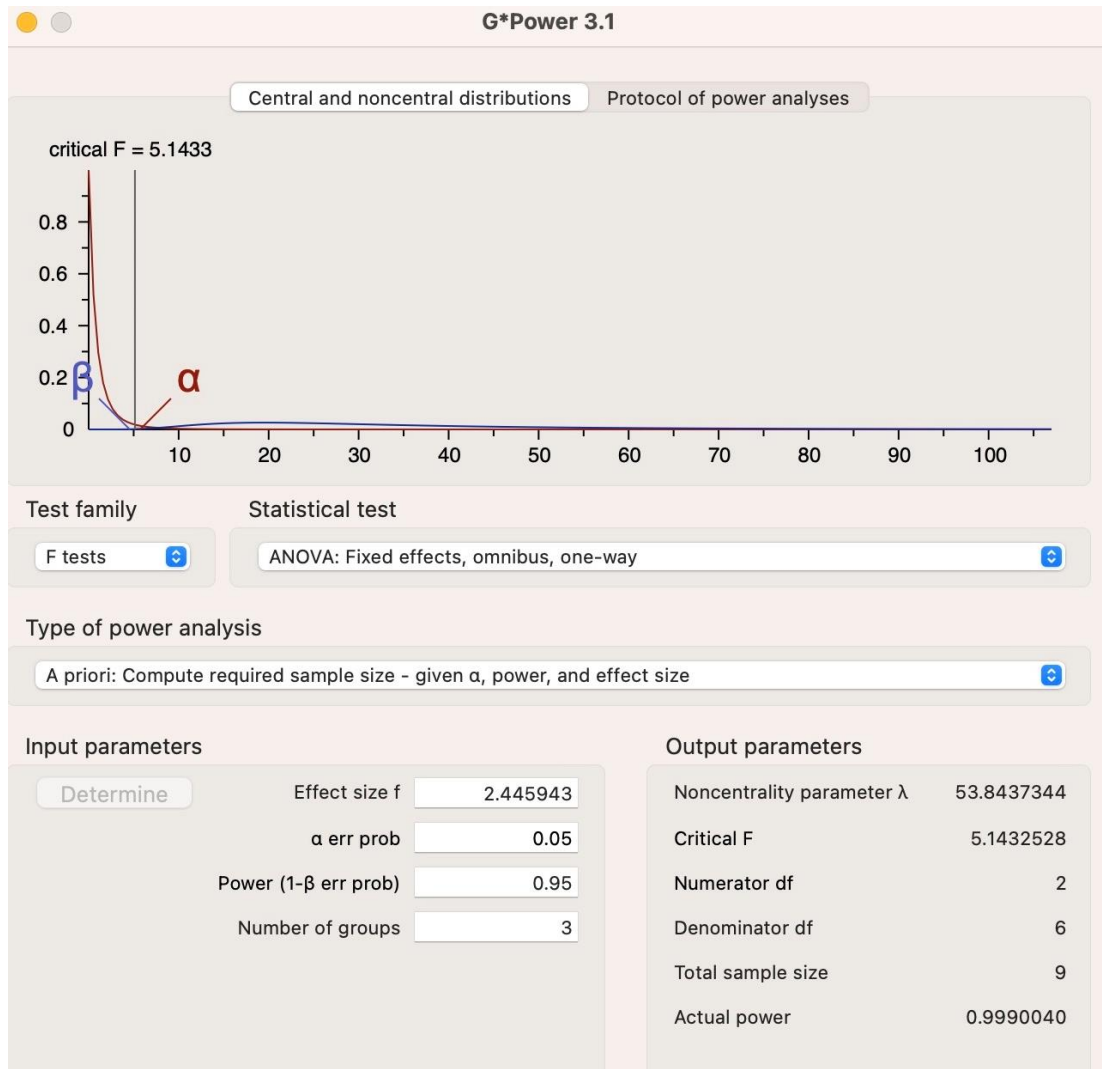
24. Wallman I, Hilton H. Teeth pigmented by tetracycline. *Lancet*. 1962;827-9.
25. MADISON JF. Tetracycline pigmentation of teeth. *Archives of Dermatology*. 1963;88(1):58-9.
26. Sánchez AR, Rogers III RS, Sheridan PJ. Tetracycline and other tetracycline-derivative staining of the teeth and oral cavity. *International journal of dermatology*. 2004;43(10):709-15.
27. Mello HS. The mechanism of tetracycline staining in primary and permanent teeth. *J Dent Child*. 1967;34:478.
28. Ben-Amar A, Liberman R, Gorfil C, Bernstein Y. Effect of mouthguard bleaching on enamel surface. *American Journal of Dentistry*. 1995;8(1):29-32.
29. Bitter NC. A scanning electron microscope study of the long-term effect of bleaching agents on the enamel surface in vivo. *General Dentistry*. 1998;46(1):84-8.
30. Wiegand A, Drebenstedt S, Roos M, Magalhães AC, Attin T. 12-Month color stability of enamel, dentine, and enamel-dentine samples after bleaching. *Clinical oral investigations*. 2008;12(4):303-10.
31. Della Bona A, Barrett A, Rosa V, Pinzetta C. Visual and instrumental agreement in dental shade selection: three distinct observer populations and shade matching protocols. *composites*. 2003;19:471-7.
32. Mustafi D, Engel AH, Palczewski K. Structure of cone photoreceptors. *Progress in retinal and eye research*. 2009;28(4):289-302.
33. Schnapf J, Kraft T, Baylor D. Spectral sensitivity of human cone photoreceptors. *Nature*. 1987;325(6103):439-41.
34. Paul SJ, Peter A, Rodoni L, Pietrobon N. Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2004;92(6):577.
35. Khurana R, Tredwin C, Weisbloom M, Moles D. A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. *British dental journal*. 2007;203(12):675-80.
36. Kielbassa AM, Beheim-Schwarzbach NJ, Neumann K, Zantner C. In vitro comparison of visual and computer-aided pre-and post-tooth shade determination using various

- home bleaching procedures. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2009;101(2):92-100.
37. Brewer JD, Wee A, Seghi R. Advances in color matching. *Dental Clinics*. 2004;48(2):341-58.
 38. Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2009;101(3):193-9.
 39. Nayatani Y. Differences in attributes between color difference and color appearance (chroma and hue) for near-neutral colors. *Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur*. 2005;30(1):42-52.
 40. Logvinenko AD. The geometric structure of color. *Journal of vision*. 2015;15(1):16-.
 41. Paravina RD, Kimura M, Powers JM. Color compatibility of resin composites of identical shade designation. *Quintessence international*. 2006;37(9).
 42. Pecho OE, Pérez MM, Ghinea R, Della Bona A. Lightness, chroma and hue differences on visual shade matching. *Dental Materials*. 2016;32(11):1362-73.
 43. Johnston W, Kao E. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *Journal of dental research*. 1989;68(5):819-22.
 44. Yuan JC-C, Brewer JD, Monaco Jr EA, Davis EL. Defining a natural tooth color space based on a 3-dimensional shade system. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2007;98(2):110-9.
 45. Borse S, Chaware SH. Tooth shade analysis and selection in prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of the Indian Prosthodontic Society*. 2020;20(2):131.
 46. Basavanna R, Gohil C, Shivanna V. Shade selection. *International Journal of Oral Health Sciences*. 2013;3(1):26.
 47. Bhat V, Prasad DK, Sood S, Bhat A. Role of colors in prosthodontics: Application of color science in restorative dentistry. *Indian Journal of Dental Research*. 2011;22(6):804.
 48. Clark E. Selection of tooth color. *J Am Dent Assoc*. 1933;20:1065-73.

49. Sikri VK. Color: Implications in dentistry. *Journal of conservative dentistry: JCD*. 2010;13(4):249.
50. Hugo B, Witzel T, Klaiber B. Comparison of in vivo visual and computer-aided tooth shade determination. *Clinical Oral Investigations*. 2005;9(4):244-50.
51. Gómez-Polo C, Gómez-Polo M, Celemin-Viñuela A, De Parga JAMV. Differences between the human eye and the spectrophotometer in the shade matching of tooth colour. *Journal of dentistry*. 2014;42(6):742-5.
52. Alshiddi IF, Richards LC. A comparison of conventional visual and spectrophotometric shade taking by trained and untrained dental students. *Aust Dent J*. 2015;60(2):176-81.
53. Hervás García A, Lozano M, Cabanes Vila J, Barjau Escribano A, Fos Galve P. Composite resins: a review of the materials and clinical indications. 2006.
54. Van Noort R, Barbour M. *Introduction to dental materials-e-book: Elsevier Health Sciences*; 2014.
55. Ritter AV. *Sturdevant's art & science of operative dentistry-e-book: Elsevier Health Sciences*; 2017.
56. Itanto B, Usman M, Margono A, editors. Comparison of surface roughness of nanofilled and nanohybrid composite resins after polishing with a multi-step technique. *Journal Of Physics: Conference Series*; 2017: IOP Publishing.
57. An JS, Son HH, Qadeer S, Ju SW, Ahn JS. The influence of a continuous increase in thickness of opaque-shade composite resin on masking ability and translucency. *Acta Odontol Scand*. 2013;71(1):120-9.
58. Azhar G, Haas K, Wood DJ, van Noort R, Moharamzadeh K. The Effects of Colored Pigments on the Translucency of Experimental Dental Resin Composites. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2019;27(1):3-9.
59. Mousavinasab SM. Effects of filler content on mechanical and optical properties of dental composite resin. *Metal, Ceramic and Polymeric Composites for Various Uses 1st ed Rijeka, Croatia: In Tech*. 2011:421-8.
60. Oivanen M, Keulemans F, Garoushi S, Vallittu PK, Lassila L. The effect of refractive index of fillers and polymer matrix on translucency and color matching of dental resin composite. *Biomaterial Investigations in Dentistry*. 2021;8(1):48-53.

61. Kungsadalpipob K, Jamsakorn K, Pumnil S, Sutthiboonyapan P, editors. Analysis of Maxillary Incisor Tooth Dimensions and Gingival Phenotype in Thai Young Adults 2020.
62. Kim SJ, Son HH, Cho BH, Lee IB, Um CM. Translucency and masking ability of various opaque-shade composite resins. *J Dent*. 2009;37(2):102-7.
63. Johnston WM. Review of translucency determinations and applications to dental materials. *J Esthet Restor Dent*. 2014;26(4):217-23.
64. Azzopardi N, Moharamzadeh K, Wood DJ, Martin N, van Noort R. Effect of resin matrix composition on the translucency of experimental dental composite resins. *Dent Mater*. 2009;25(12):1564-8.
65. Imamura S, Takahashi H, Hayakawa I, Loyaga-Rendon PG, Minakuchi S. Effect of filler type and polishing on the discoloration of composite resin artificial teeth. *Dental materials journal*. 2008;27(6):802-8.
66. Kim IJ, Lee YK. Changes in color and color parameters of dental resin composites after polymerization. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2007;80(2):541-6.
67. Elfakhri F, Alkahtani R, Li C, Khaliq J. Influence of filler characteristics on the performance of dental composites: A comprehensive review. *Ceramics International*. 2022.

ผลการคำนวณค่าพาวเวอร์ด้วยโปรแกรมจี-พาวเวอร์ (G-power)



ข้อมูลเชิงพรรณนา (Descriptive data) ของค่า Sum masking

			Descriptives			
Group			Statistic	Std. Error		
Sum Masking	Clearfil 0.5 mm	Mean	.00	.000		
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	.00		
			Upper Bound	.00		
		5% Trimmed Mean	.00			
		Median	.00			
		Variance	.000			
		Std. Deviation	.000			
		Minimum	0			
		Maximum	0			
		Range	0			
		Interquartile Range	0			
		Skewness	.	.		
		Kurtosis	.	.		
		Clearfil 1 mm	Clearfil 1 mm	Mean	1.11	.512
				95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	-.07
Upper Bound	2.29					
5% Trimmed Mean	1.01					
Median	.00					
Variance	2.361					
Std. Deviation	1.537					
Minimum	0					
Maximum	4					
Range	4					
Interquartile Range	3					
Skewness	1.094			.717		
Kurtosis	-.217			1.400		
Clearfil 1.5 mm	Clearfil 1.5 mm			Mean	.78	.434
				95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	-.22
		Upper Bound	1.78			
		5% Trimmed Mean	.70			
		Median	.00			
		Variance	1.694			
		Std. Deviation	1.302			
		Minimum	0			
		Maximum	3			
		Range	3			
		Interquartile Range	2			
		Skewness	1.394	.717		
		Kurtosis	.184	1.400		

Clearfil 2 mm	Mean		4.22	.722
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	2.56	
		Upper Bound	5.89	
	5% Trimmed Mean		4.30	
	Median		4.00	
	Variance		4.694	
	Std. Deviation		2.167	
	Minimum		0	
	Maximum		7	
	Range		7	
	Interquartile Range		3	
	Skewness		-.555	.717
	Kurtosis		.802	1.400
	Metafil 0.5 mm	Mean		.00
95% Confidence Interval for Mean		Lower Bound	.00	
		Upper Bound	.00	
5% Trimmed Mean			.00	
Median			.00	
Variance			.000	
Std. Deviation			.000	
Minimum			0	
Maximum			0	
Range			0	
Interquartile Range			0	
Skewness			.	.
Kurtosis			.	.
Metafil 1 mm		Mean		9.00
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	7.04	
		Upper Bound	10.96	
	5% Trimmed Mean		9.06	
	Median		9.00	
	Variance		6.500	
	Std. Deviation		2.550	
	Minimum		5	
	Maximum		12	
	Range		7	
	Interquartile Range		5	
	Skewness		-.349	.717
	Kurtosis		-1.199	1.400

Metafil 1.5 mm	Mean		10.22	1.762
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	6.16	
		Upper Bound	14.29	
	5% Trimmed Mean		10.41	
	Median		12.00	
	Variance		27.944	
	Std. Deviation		5.286	
	Minimum		2	
	Maximum		15	
	Range		13	
	Interquartile Range		10	
	Skewness		-.885	.717
	Kurtosis		-.898	1.400
	Metafil 2 mm	Mean		11.44
95% Confidence Interval for Mean		Lower Bound	8.92	
		Upper Bound	13.97	
5% Trimmed Mean			11.60	
Median			12.00	
Variance			10.778	
Std. Deviation			3.283	
Minimum			6	
Maximum			14	
Range			8	
Interquartile Range			6	
Skewness			-1.162	.717
Kurtosis			-.125	1.400
Filtek 0.5 mm		Mean		.00
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	.00	
		Upper Bound	.00	
	5% Trimmed Mean		.00	
	Median		.00	
	Variance		.000	
	Std. Deviation		.000	
	Minimum		0	
	Maximum		0	
	Range		0	
	Interquartile Range		0	
	Skewness		.	.
	Kurtosis		.	.

Filtek 1 mm	Mean		2.56	1.015
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	.21	
		Upper Bound	4.90	
	5% Trimmed Mean		2.40	
	Median		1.00	
	Variance		9.278	
	Std. Deviation		3.046	
	Minimum		0	
	Maximum		8	
	Range		8	
	Interquartile Range		5	
	Skewness		.783	.717
	Kurtosis		-.823	1.400
	Filtek 1.5 mm	Mean		1.89
95% Confidence Interval for Mean		Lower Bound	.71	
		Upper Bound	3.07	
5% Trimmed Mean			1.82	
Median			2.00	
Variance			2.361	
Std. Deviation			1.537	
Minimum			0	
Maximum			5	
Range			5	
Interquartile Range			2	
Skewness			.767	.717
Kurtosis			1.256	1.400
Filtek 2 mm		Mean		9.67
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	6.79	
		Upper Bound	12.54	
	5% Trimmed Mean		9.80	
	Median		11.00	
	Variance		14.000	
	Std. Deviation		3.742	
	Minimum		3	
	Maximum		14	
	Range		11	
	Interquartile Range		5	
	Skewness		-1.082	.717
	Kurtosis		.201	1.400

ผลการทดสอบแบบครัสคัล-วอลลิส (Kruskal-Wallis test) ของค่า Sum masking

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig. ^{a,b}	Decision
1	The distribution of Sum Masking is the same across categories of Group.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	<.001	Reject the null hypothesis.

a. The significance level is .050.

b. Asymptotic significance is displayed.

Independent-Samples Kruskal-Wallis Test Summary

Total N	108
Test Statistic	83.404 ^a
Degree Of Freedom	11
Asymptotic Sig.(2-sided test)	<.001

a. The test statistic is adjusted for ties.

Pairwise Comparisons of Group

Sample 1-Sample 2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig. ^a
Clearfil 0.5 mm-Metafil 0.5 mm	.000	14.210	.000	1.000	1.000
Clearfil 0.5 mm-Filtek 0.5 mm	.000	14.210	.000	1.000	1.000
Clearfil 0.5 mm-Clearfil 1.5 mm	-10.944	14.210	-.770	.441	1.000
Clearfil 0.5 mm-Clearfil 1 mm	-15.000	14.210	-1.056	.291	1.000
Clearfil 0.5 mm-Filtek 1 mm	-24.778	14.210	-1.744	.081	1.000
Clearfil 0.5 mm-Filtek 1.5 mm	-25.556	14.210	-1.798	.072	1.000
Clearfil 0.5 mm-Clearfil 2 mm	-41.222	14.210	-2.901	.004	.246
Clearfil 0.5 mm-Metafil 1 mm	-61.667	14.210	-4.340	<.001	.001
Clearfil 0.5 mm-Filtek 2 mm	-62.778	14.210	-4.418	<.001	.001
Clearfil 0.5 mm-Metafil 1.5 mm	-65.111	14.210	-4.582	<.001	.000
Clearfil 0.5 mm-Metafil 2 mm	-70.944	14.210	-4.993	<.001	.000
Filtek 0.5 mm-Clearfil 1.5 mm	10.944	14.210	.770	.441	1.000
Filtek 0.5 mm-Metafil 1.5 mm	65.111	14.210	4.582	<.001	.000
Metafil 0.5 mm-Clearfil 1 mm	15.000	14.210	1.056	.291	1.000
Filtek 0.5 mm-Metafil 1 mm	61.667	14.210	4.340	<.001	.001

Metafil 0.5 mm-Filtek 1.5 mm	-25.556	14.210	-1.798	.072	1.000
Metafil 0.5 mm-Filtek 2 mm	-62.778	14.210	-4.418	<.001	.001
Filtek 0.5 mm-Clearfil 1 mm	15.000	14.210	1.056	.291	1.000
Metafil 0.5 mm-Clearfil 1.5 mm	10.944	14.210	.770	.441	1.000
Metafil 0.5 mm-Filtek 1 mm	-24.778	14.210	-1.744	.081	1.000
Metafil 0.5 mm-Clearfil 2 mm	41.222	14.210	2.901	.004	.246
Metafil 0.5 mm-Metafil 1 mm	-61.667	14.210	-4.340	<.001	.001
Metafil 0.5 mm-Metafil 1.5 mm	-65.111	14.210	-4.582	<.001	.000
Metafil 0.5 mm-Metafil 2 mm	-70.944	14.210	-4.993	<.001	.000
Filtek 0.5 mm-Clearfil 2 mm	41.222	14.210	2.901	.004	.246
Metafil 0.5 mm-Filtek 0.5 mm	.000	14.210	.000	1.000	1.000
Filtek 0.5 mm-Filtek 1 mm	-24.778	14.210	-1.744	.081	1.000
Filtek 0.5 mm-Filtek 1.5 mm	-25.556	14.210	-1.798	.072	1.000
Filtek 0.5 mm-Filtek 2 mm	-62.778	14.210	-4.418	<.001	.001
Filtek 0.5 mm-Metafil 2 mm	70.944	14.210	4.993	<.001	.000
Clearfil 1.5 mm-Clearfil 1 mm	4.056	14.210	.285	.775	1.000
Clearfil 1.5 mm-Filtek 1 mm	-13.833	14.210	-.974	.330	1.000
Clearfil 1.5 mm-Filtek 1.5 mm	-14.611	14.210	-1.028	.304	1.000
Clearfil 1.5 mm-Clearfil 2 mm	-30.278	14.210	-2.131	.033	1.000
Clearfil 1.5 mm-Metafil 1 mm	-50.722	14.210	-3.570	<.001	.024
Clearfil 1.5 mm-Filtek 2 mm	-51.833	14.210	-3.648	<.001	.017
Clearfil 1.5 mm-Metafil 1.5 mm	-54.167	14.210	-3.812	<.001	.009
Clearfil 1.5 mm-Metafil 2 mm	-60.000	14.210	-4.222	<.001	.002
Clearfil 1 mm-Filtek 1 mm	-9.778	14.210	-.688	.491	1.000
Clearfil 1 mm-Filtek 1.5 mm	-10.556	14.210	-.743	.458	1.000
Clearfil 1 mm-Clearfil 2 mm	-26.222	14.210	-1.845	.065	1.000
Clearfil 1 mm-Metafil 1 mm	-46.667	14.210	-3.284	.001	.068
Clearfil 1 mm-Filtek 2 mm	-47.778	14.210	-3.362	<.001	.051
Clearfil 1 mm-Metafil 1.5 mm	-50.111	14.210	-3.526	<.001	.028
Clearfil 1 mm-Metafil 2 mm	-55.944	14.210	-3.937	<.001	.005
Filtek 1 mm-Filtek 1.5 mm	-.778	14.210	-.055	.956	1.000
Filtek 1 mm-Clearfil 2 mm	16.444	14.210	1.157	.247	1.000

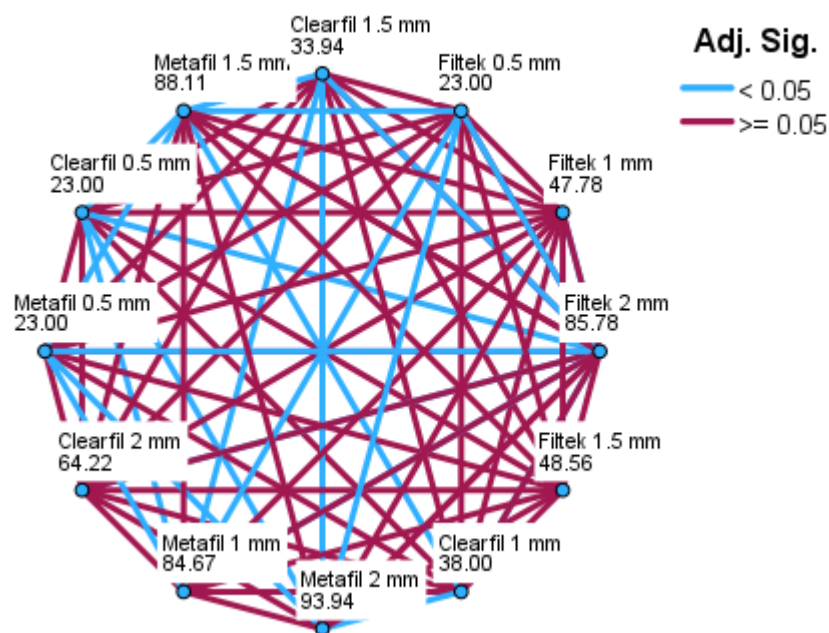
Filtek 1 mm-Metafil 1 mm	36.889	14.210	2.596	.009	.622
Filtek 1 mm-Filtek 2 mm	-38.000	14.210	-2.674	.007	.494
Filtek 1 mm-Metafil 1.5 mm	40.333	14.210	2.838	.005	.299
Filtek 1 mm-Metafil 2 mm	46.167	14.210	3.249	.001	.076
Filtek 1.5 mm-Clearfil 2 mm	15.667	14.210	1.103	.270	1.000
Filtek 1.5 mm-Metafil 1 mm	36.111	14.210	2.541	.011	.729
Filtek 1.5 mm-Filtek 2 mm	-37.222	14.210	-2.619	.009	.581
Filtek 1.5 mm-Metafil 1.5 mm	39.556	14.210	2.784	.005	.355
Filtek 1.5 mm-Metafil 2 mm	45.389	14.210	3.194	.001	.093
Clearfil 2 mm-Metafil 1 mm	-20.444	14.210	-1.439	.150	1.000
Clearfil 2 mm-Filtek 2 mm	-21.556	14.210	-1.517	.129	1.000
Clearfil 2 mm-Metafil 1.5 mm	-23.889	14.210	-1.681	.093	1.000
Clearfil 2 mm-Metafil 2 mm	-29.722	14.210	-2.092	.036	1.000
Metafil 1 mm-Filtek 2 mm	-1.111	14.210	-.078	.938	1.000
Metafil 1 mm-Metafil 1.5 mm	-3.444	14.210	-.242	.808	1.000
Metafil 1 mm-Metafil 2 mm	-9.278	14.210	-.653	.514	1.000
Filtek 2 mm-Metafil 1.5 mm	2.333	14.210	.164	.870	1.000
Filtek 2 mm-Metafil 2 mm	8.167	14.210	.575	.565	1.000
Metafil 1.5 mm-Metafil 2 mm	-5.833	14.210	-.411	.681	1.000

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is .050.

a. Significance values have been adjusted by the Bonferroni correction for multiple tests.



Pairwise Comparisons of Group



ข้อมูลเชิงพรรณนา (Descriptive data) ของค่า ΔE

Descriptives

delta E

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Clearfil 0.5 mm	9	6.2711	.41011	.13670	5.9559	6.5863	5.52	6.78
Clearfil 1 mm	9	5.4922	.50380	.16793	5.1050	5.8795	4.58	5.96
Clearfil 1.5 mm	9	5.2733	.27595	.09198	5.0612	5.4854	4.81	5.69
Clearfil 2 mm	9	5.0511	.27890	.09297	4.8367	5.2655	4.51	5.47
Metafil 0.5 mm	9	6.6344	.72973	.24324	6.0735	7.1954	5.64	7.64
Metafil 1 mm	9	4.2144	.77049	.25683	3.6222	4.8067	3.01	5.37
Metafil 1.5 mm	9	2.1722	.95037	.31679	1.4417	2.9027	.53	3.50
Metafil 2 mm	9	1.1978	.38212	.12737	.9041	1.4915	.62	1.76
Filtek 0.5 mm	9	8.9722	.89294	.29765	8.2858	9.6586	7.14	10.18
Filtek 1 mm	9	6.1678	.44158	.14719	5.8283	6.5072	5.49	6.78
Filtek 1.5 mm	9	5.4211	.53093	.17698	5.0130	5.8292	4.40	5.94
Filtek 2 mm	9	4.9167	.53233	.17744	4.5075	5.3259	4.32	5.71
Total	108	5.1487	2.02119	.19449	4.7632	5.5343	.53	10.18

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) และการทดสอบโพสฮอค:
 เกมส์-โฮเวลล์ (Post Hoc Tests: Games-Howell's test) ของค่า ΔE

Tests of Homogeneity of Variances

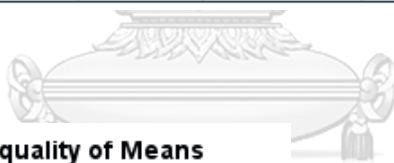
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
delta E	Based on Mean	2.474	11	96	.009
	Based on Median	1.716	11	96	.081
	Based on Median and with adjusted df	1.716	11	58.431	.092
	Based on trimmed mean	2.452	11	96	.010



ANOVA

delta E

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	402.644	11	36.604	101.939	<.001
Within Groups	34.471	96	.359		
Total	437.115	107			



Robust Tests of Equality of Means

delta E

	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Welch	106.266	11	37.629	<.001

a. Asymptotically F distributed.

วิทยาลัย
 UNIVERSITY

Multiple Comparisons

Dependent Variable: delta E

(I) Group	(J) Group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
Games-Howell	Clearfil 0.5 mm	Clearfil 1 mm	.77889	.21654	.073	-.0454	1.6032
		Clearfil 1.5 mm	.99778 [*]	.16477	.001	.3614	1.6342
		Clearfil 2 mm	1.22000 [*]	.16532	<.001	.5821	1.8579
		Metafil 0.5 mm	-.36333	.27902	.964	-1.4611	.7345
		Metafil 1 mm	2.05667 [*]	.29094	<.001	.9051	3.2082
		Metafil 1.5 mm	4.09889 [*]	.34503	<.001	2.7019	5.4959
		Metafil 2 mm	5.07333 [*]	.18685	<.001	4.3658	5.7809
		Filtek 0.5 mm	-2.70111 [*]	.32754	<.001	-4.0186	-1.3836
		Filtek 1 mm	.10333	.20088	1.000	-.6574	.8641
		Filtek 1.5 mm	.85000	.22362	.052	-.0041	1.7041
		Filtek 2 mm	1.35444 [*]	.22399	<.001	.4988	2.2101
	Clearfil 1 mm	Clearfil 0.5 mm	-.77889	.21654	.073	-1.6032	.0454
		Clearfil 1.5 mm	.21889	.19148	.985	-.5366	.9744
		Clearfil 2 mm	.44111	.19195	.521	-.3153	1.1976
		Metafil 0.5 mm	-1.14222 [*]	.29558	.049	-2.2812	-.0032
		Metafil 1 mm	1.27778 [*]	.30686	.030	.0893	2.4662
		Metafil 1.5 mm	3.32000 [*]	.35855	<.001	1.9002	4.7398
		Metafil 2 mm	4.29444 [*]	.21078	<.001	3.4884	5.1005
		Filtek 0.5 mm	-3.48000 [*]	.34175	<.001	-4.8240	-2.1360
		Filtek 1 mm	-.67556	.22331	.188	-1.5227	.1716
		Filtek 1.5 mm	.07111	.24397	1.000	-.8525	.9947
		Filtek 2 mm	.57556	.24431	.480	-.3494	1.5005
	Clearfil 1.5 mm	Clearfil 0.5 mm	-.99778 [*]	.16477	.001	-1.6342	-.3614
		Clearfil 1 mm	-.21889	.19148	.985	-.9744	.5366
		Clearfil 2 mm	.22222	.13078	.845	-.2727	.7171
		Metafil 0.5 mm	-1.36111 [*]	.26005	.010	-2.4279	-.2943
		Metafil 1 mm	1.05889	.27280	.070	-.0658	2.1836
		Metafil 1.5 mm	3.10111 [*]	.32987	<.001	1.7184	4.4839
		Metafil 2 mm	4.07556 [*]	.15712	<.001	3.4724	4.6787
		Filtek 0.5 mm	-3.69889 [*]	.31154	<.001	-4.9989	-2.3988
		Filtek 1 mm	-.89444 [*]	.17357	.006	-1.5697	-.2192
		Filtek 1.5 mm	-.14778	.19945	1.000	-.9393	.6437
		Filtek 2 mm	.35667	.19987	.800	-.4367	1.1500
Clearfil 2 mm	Clearfil 0.5 mm	-1.22000 [*]	.16532	<.001	-1.8579	-.5821	
	Clearfil 1 mm	-.44111	.19195	.521	-1.1976	.3153	
	Clearfil 1.5 mm	-.22222	.13078	.845	-.7171	.2727	
	Metafil 0.5 mm	-1.58333 [*]	.26040	.003	-2.6505	-.5161	
	Metafil 1 mm	.83667	.27314	.215	-.2884	1.9617	
	Metafil 1.5 mm	2.87889 [*]	.33015	<.001	1.4960	4.2618	
	Metafil 2 mm	3.85333 [*]	.15769	<.001	3.2485	4.4581	
	Filtek 0.5 mm	-3.92111 [*]	.31183	<.001	-5.2213	-2.6209	
	Filtek 1 mm	-1.11667 [*]	.17409	<.001	-1.7932	-.4401	
	Filtek 1.5 mm	-.37000	.19991	.767	-1.1624	.4224	
	Filtek 2 mm	.13444	.20032	1.000	-.6598	.9287	

Metafil 0.5 mm	Clearfil 0.5 mm	.36333	.27902	.964	-.7345	1.4611
	Clearfil 1 mm	1.14222 [*]	.29558	.049	.0032	2.2812
	Clearfil 1.5 mm	1.36111 [*]	.26005	.010	.2943	2.4279
	Clearfil 2 mm	1.58333 [*]	.26040	.003	.5161	2.6505
	Metafil 1 mm	2.42000 [*]	.35373	<.001	1.0808	3.7592
	Metafil 1.5 mm	4.46222 [*]	.39940	<.001	2.9362	5.9883
	Metafil 2 mm	5.43667 [*]	.27457	<.001	4.3480	6.5254
	Filtek 0.5 mm	-2.33778 [*]	.38440	<.001	-3.8008	-.8748
	Filtek 1 mm	.46667	.28431	.866	-.6431	1.5764
	Filtek 1.5 mm	1.21333 [*]	.30081	.035	.0593	2.3673
	Filtek 2 mm	1.71778 [*]	.30109	.002	.5630	2.8726
	Metafil 1 mm	Clearfil 0.5 mm	-2.05667 [*]	.29094	<.001	-3.2082
Clearfil 1 mm		-1.27778 [*]	.30686	.030	-2.4662	-.0893
Clearfil 1.5 mm		-1.05889	.27280	.070	-2.1836	.0658
Clearfil 2 mm		-.83667	.27314	.215	-1.9617	.2884
Metafil 0.5 mm		-2.42000 [*]	.35373	<.001	-3.7592	-1.0808
Metafil 1.5 mm		2.04222 [*]	.40782	.006	.4894	3.5951
Metafil 2 mm		3.01667 [*]	.28668	<.001	1.8731	4.1602
Filtek 0.5 mm		-4.75778 [*]	.39314	<.001	-6.2501	-3.2655
Filtek 1 mm		-1.95333 [*]	.29602	<.001	-3.1155	-.7911
Filtek 1.5 mm		-1.20667 [*]	.31190	.049	-2.4087	-.0046
Filtek 2 mm		-.70222	.31217	.544	-1.9050	.5006
Metafil 1.5 mm		Clearfil 0.5 mm	-4.09889 [*]	.34503	<.001	-5.4959
	Clearfil 1 mm	-3.32000 [*]	.35855	<.001	-4.7398	-1.9002
	Clearfil 1.5 mm	-3.10111 [*]	.32987	<.001	-4.4839	-1.7184
	Clearfil 2 mm	-2.87889 [*]	.33015	<.001	-4.2618	-1.4960
	Metafil 0.5 mm	-4.46222 [*]	.39940	<.001	-5.9883	-2.9362
	Metafil 1 mm	-2.04222 [*]	.40782	.006	-3.5951	-.4894
	Metafil 2 mm	.97444	.34144	.277	-.4180	2.3669
	Filtek 0.5 mm	-6.80000 [*]	.43468	<.001	-8.4459	-5.1541
	Filtek 1 mm	-3.99556 [*]	.34932	<.001	-5.3989	-2.5922
	Filtek 1.5 mm	-3.24889 [*]	.36287	<.001	-4.6775	-1.8203
	Filtek 2 mm	-2.74444 [*]	.36310	<.001	-4.1735	-1.3153
	Metafil 2 mm	Clearfil 0.5 mm	-5.07333 [*]	.18685	<.001	-5.7809
Clearfil 1 mm		-4.29444 [*]	.21078	<.001	-5.1005	-3.4884
Clearfil 1.5 mm		-4.07556 [*]	.15712	<.001	-4.6787	-3.4724
Clearfil 2 mm		-3.85333 [*]	.15769	<.001	-4.4581	-3.2485
Metafil 0.5 mm		-5.43667 [*]	.27457	<.001	-6.5254	-4.3480
Metafil 1 mm		-3.01667 [*]	.28668	<.001	-4.1602	-1.8731
Metafil 1.5 mm		-.97444	.34144	.277	-2.3669	.4180
Filtek 0.5 mm		-7.77444 [*]	.32376	<.001	-9.0865	-6.4624
Filtek 1 mm		-4.97000 [*]	.19465	<.001	-5.7088	-4.2312
Filtek 1.5 mm		-4.22333 [*]	.21805	<.001	-5.0606	-3.3861
Filtek 2 mm		-3.71889 [*]	.21843	<.001	-4.5578	-2.8800

Filtek 0.5 mm	Clearfil 0.5 mm	2.70111 [*]	.32754	<.001	1.3836	4.0186
	Clearfil 1 mm	3.48000 [*]	.34175	<.001	2.1360	4.8240
	Clearfil 1.5 mm	3.69889 [*]	.31154	<.001	2.3988	4.9989
	Clearfil 2 mm	3.92111 [*]	.31183	<.001	2.6209	5.2213
	Metafil 0.5 mm	2.33778 [*]	.38440	<.001	.8748	3.8008
	Metafil 1 mm	4.75778 [*]	.39314	<.001	3.2655	6.2501
	Metafil 1.5 mm	6.80000 [*]	.43468	<.001	5.1541	8.4459
	Metafil 2 mm	7.77444 [*]	.32376	<.001	6.4624	9.0865
	Filtek 1 mm	2.80444 [*]	.33205	<.001	1.4795	4.1294
	Filtek 1.5 mm	3.55111 [*]	.34629	<.001	2.1969	4.9053
	Filtek 2 mm	4.05556 [*]	.34653	<.001	2.7008	5.4103
Filtek 1 mm	Clearfil 0.5 mm	-.10333	.20088	1.000	-.8641	.6574
	Clearfil 1 mm	.67556	.22331	.188	-.1716	1.5227
	Clearfil 1.5 mm	.89444 [*]	.17357	.006	.2192	1.5697
	Clearfil 2 mm	1.11667 [*]	.17409	<.001	.4401	1.7932
	Metafil 0.5 mm	-.46667	.28431	.866	-1.5764	.6431
	Metafil 1 mm	1.95333 [*]	.29602	<.001	.7911	3.1155
	Metafil 1.5 mm	3.99556 [*]	.34932	<.001	2.5922	5.3989
	Metafil 2 mm	4.97000 [*]	.19465	<.001	4.2312	5.7088
	Filtek 0.5 mm	-2.80444 [*]	.33205	<.001	-4.1294	-1.4795
	Filtek 1.5 mm	.74667	.23019	.133	-.1286	1.6219
	Filtek 2 mm	1.25111 [*]	.23055	.003	.3744	2.1279
Filtek 1.5 mm	Clearfil 0.5 mm	-.85000	.22362	.052	-1.7041	.0041
	Clearfil 1 mm	-.07111	.24397	1.000	-.9947	.8525
	Clearfil 1.5 mm	.14778	.19945	1.000	-.6437	.9393
	Clearfil 2 mm	.37000	.19991	.767	-.4224	1.1624
	Metafil 0.5 mm	-1.21333 [*]	.30081	.035	-2.3673	-.0593
	Metafil 1 mm	1.20667 [*]	.31190	.049	.0046	2.4087
	Metafil 1.5 mm	3.24889 [*]	.36287	<.001	1.8203	4.6775
	Metafil 2 mm	4.22333 [*]	.21805	<.001	3.3861	5.0606
	Filtek 0.5 mm	-3.55111 [*]	.34629	<.001	-4.9053	-2.1969
	Filtek 1 mm	-.74667	.23019	.133	-1.6219	.1286
	Filtek 2 mm	.50444	.25061	.681	-.4439	1.4528
Filtek 2 mm	Clearfil 0.5 mm	-1.35444 [*]	.22399	<.001	-2.2101	-.4988
	Clearfil 1 mm	-.57556	.24431	.480	-1.5005	.3494
	Clearfil 1.5 mm	-.35667	.19987	.800	-1.1500	.4367
	Clearfil 2 mm	-.13444	.20032	1.000	-.9287	.6598
	Metafil 0.5 mm	-1.71778 [*]	.30109	.002	-2.8726	-.5630
	Metafil 1 mm	.70222	.31217	.544	-.5006	1.9050
	Metafil 1.5 mm	2.74444 [*]	.36310	<.001	1.3153	4.1735
	Metafil 2 mm	3.71889 [*]	.21843	<.001	2.8800	4.5578
	Filtek 0.5 mm	-4.05556 [*]	.34653	<.001	-5.4103	-2.7008
	Filtek 1 mm	-1.25111 [*]	.23055	.003	-2.1279	-.3744
	Filtek 1.5 mm	-.50444	.25061	.681	-1.4528	.4439

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass Correlation Coefficient)

	Intraclass Correlation ^b	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			Sig
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	
Single Measures	.455 ^a	.292	.592	2.669	107	107	<.001
Average Measures	.625 ^c	.452	.744	2.669	107	107	<.001

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type C intraclass correlation coefficients using a consistency definition. The between-measure variance is excluded from the denominator variance.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	กชรัตน์ นันทเสน
วัน เดือน ปี เกิด	28 ตุลาคม 2538
สถานที่เกิด	จังหวัดตรัง
วุฒิการศึกษา	ท.บ. (ทันตแพทยศาสตร์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ.2563
ที่อยู่ปัจจุบัน	515/220 ถนนเพชรบุรี แขวงถนนพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
ผลงานตีพิมพ์	ไม่มี
รางวัลที่ได้รับ	ปริญญาบัณฑิตเกียรติคุณอันดับ 1 ท.บ. (ทันตแพทยศาสตร์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ.2563



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY